CHEMISCHE TECHNOLOGIE

IN EINZELDARSTELLUNGEN

HERAUSGEBER: PROF. DR. FERDINAND FISCHER

SPEZIELLE CHEMISCHE TECHNOLOGIE



KRAFTGAS

Seine Herstellung und Beurteilung

von

Ferdinand Fischer







CHEMISCHE TECHNOLOGIE

IN EINZELDARSTELLUNGEN

HERAUSGEBER: PROF. DR. FERD. FISCHER, GÖTTINGEN

SPEZIELLE CHEMISCHE TECHNOLOGIE



KRAFTGAS

SEINE HERSTELLUNG UND BEURTEILUNG

VON

DR. FERD. FISCHER
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

MIT 186 FIGUREN IM TEXT



LEIPZIG
VERLAG VON OTTO SPAMER
1911

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

Vorwort.

Die Grundbedingung der Weltwirtschaft, besonders der Industrie, ist Arbeit[1]. Je teurer (S. 3) und unzuverläßlicher (Arbeitseinstellungen u. dgl.) aber die Handarbeit wird, um so wichtiger ist der Ersatz derselben durch Maschinenarbeit.

Wasserkräfte hat Deutschland sehr wenig (S. 230); um so wichtiger ist die Verwendung der Dampfmaschinen und besonders der Gaskraftmaschinen, welche die billigste Arbeit liefert (S. 179).

Die verschiedenen für Gaskraftmaschinen verwendeten Gase: Leuchtgas, Kokereigas, Wassergas, ferner Mischgas aus Anthrazit, Steinkohlen, Braunkohlen, Torf und Holz sowie Hochofengas faßt man als ,,Kraftgas" zusammen.

Im vorliegenden Hefte sind nun die zuverlässigen Werte und Verfahren, welche zur Beurteilung des Kraftgases durch Chemiker und Ingenieure erforderlich sind, ausführlich angegeben. Die Kontrolle der Gaserzeugung sollte mehr Beachtung finden als bisher (vgl. S. 230).

Die Versuchsergebnisse über Entgasung und Vergasung geben die Grundlage zur Theorie der Gaserzeugung. Auf den praktischen Generatorbetrieb sind sie nicht ohne weiteres anzuwenden, da besonders an eine Erreichung des ,,Gleichgewichts" nicht zu denken ist (S. 61).

Von den patentierten Generatoren sind verschiedene ohne genügende Rücksicht auf den technischen Betrieb, welcher möglichst einfache Einrichtungen — mit Recht — vorzieht, entworfen; sie wurden kurz besprochen. Immerhin sind auch diese Konstruktionen als Versuche, vorliegende Fragen zu lösen, nicht ohne Wert. Jedenfalls sind die einfacheren Gaserzeuger, welche bereits erprobt sind, vorzuziehen; sie wurden daher ausführlicher behandelt.

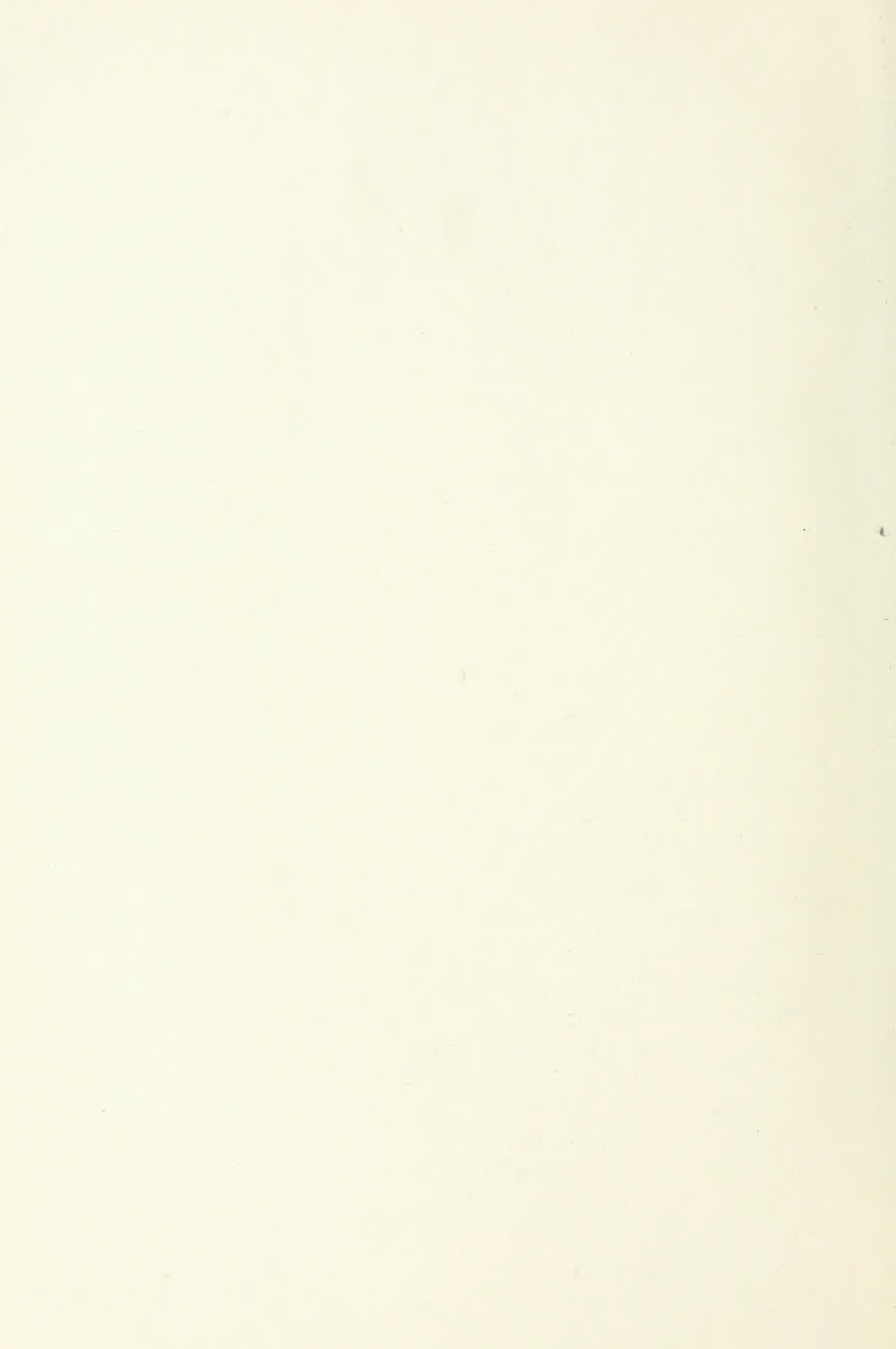
Besonders für Deutschland ist die Herstellung von Kraftgas aus Braunkohle (S. 177) und Torf (S. 195), sowie die Verwendung der Hochofengase (S. 209) sehr wichtig und verdienen daher die größte Beachtung.

---

[1] Auch das Geld ist latente Arbeit, da man für Geld Arbeit kaufen, durch Arbeit Geld verdienen kann. (Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1904, 542.)

Göttingen, Oktober 1910.

Der Verfasser.



Inhalt.

Einleitung.

Als Kraftgas ist jedes Gas zu bezeichnen, welches in einer Verbrennungsmaschine zur Erzeugung von Kraft verwendet wird, also besonders Leuchtgas, Kokereigas, Wassergas, Mischgas bzw. Generatorgas und Hochofengas. Erstere dienen bekanntlich auch zur Beleuchtung und alle in Feuerungen als Heizgas.

Die ersten Gasmaschinen (besonders Langen & Otto, 1867; Körting, 1881) waren nur für Leuchtgas bestimmt; dann folgte 1886 die Verwendung von Mischgas und 1894 von Hochofengas[1].

Die Gaskraftmaschinen verdanken ihre gewaltige Entwicklung besonders ihrem geringen Wärme- bzw. Brennstoffverbrauch.

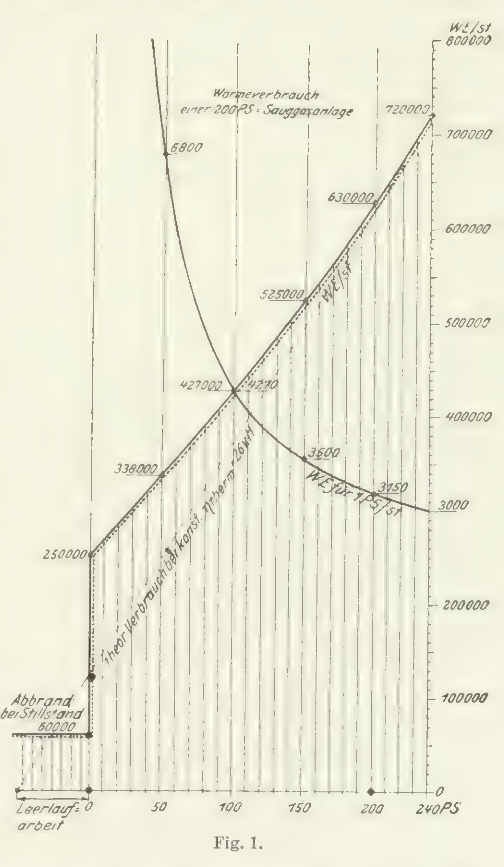


Fig. 1.

Noch vor 40 Jahren galt die Gewinnung eines Zehntels der Verbrennungswärme in Form von mechanischer Arbeit als ein erstrebenswertes, noch nicht erreichtes Ziel. Die Dampftechnik hat heute rund $^1/_6$, die Verbrennungsmaschine rund $^1/_3$ erreicht. — Nach *Kutzbach*[2] ist in Fig. 1 einmal der stündliche Verbrauch einer 200 pferdigen, maximal 240 pferdigen Sauggasmaschine bei verschiedener Belastung und bei Stillstand aufgetragen, andererseits der auf 1 PSe umgerechnete Verbrauch. Eingezeichnet ist auch die Linie, nach welcher der

[1] Vgl. *H. Güldner:* Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren, 2. Aufl. (Berlin 1905); *A. Riedler:* Groß-Gasmaschinen (München 1906); *R. Schöttler:* Die Gasmaschine, 5. Aufl. (Berlin 1909); Journ. f. Gasbel. 1909, 841.

[2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, 584.

stündliche Verbrauch verlaufen müßte, wenn die thermische Ausnutzung für PSi bis herab zum Leerlauf die gleiche wäre, was aber infolge abnehmenden thermischen Wirkungsgrades von Maschine und Generator nie der Fall ist.

Die Nürnberger Maschinenbaugesellschaft gibt folgende bildliche Darstellung:

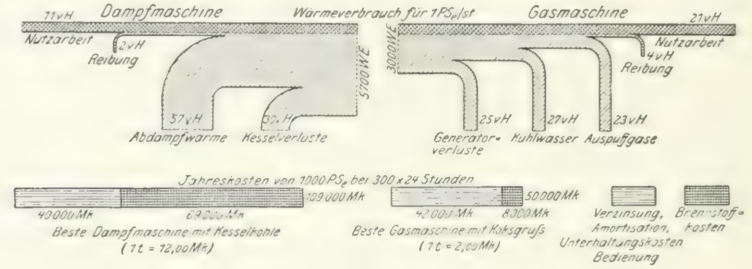


Fig. 2.

Eine englische Kommission[1] fand bei einem 60 pferdigen Gasmotor folgende Wärmeverteilung:

In den Auspuffgasen	43,0 Proz.
Im Kühlwasser	22,3
Indizierte PS	34,7

Bei Verwendung von Mischgas ist nach *O. Marr*[2] für gute Maschinen von 10 bis 100 PS[3] bei voller Belastung der Verbrauch zu 26 bis 23 hw des verbrauchten Gases für 1 Stundenpferd anzunehmen, für gewöhnliche Maschinen zu 32 bis 27 hw. Bei einem Wirkungsgrad des Gaserzeugers von 0,75 würde also der Wärmeaufwand des Brennstoffes für 1 Stundenpferd 43 bis 37 hw betragen:

Verbrauch an Wärmeeinheiten des verwendeten Brennstoffes für Stunde und Pferdestärke.

Motorengröße in PS	10	20	30	40	50	60	80	100
Bei voller Nennleistung	4300	4200	4100	4000	3900	3800	3700	3700
„ halber „	6200	6000	5800	5600	5400	5200	5000	5000

Vergleichen wir damit den Menschen als Kraftquelle, so ist der Wärmewert der Nahrungsmittel eines erwachsenen Menschen meist 3000 bis

---

[1] Journ. of Gaslight 1907, No. 2286.

[2] *O. Marr:* Die neueren Kraftmaschinen, ihre Kosten und ihre Verwendung, 1904 (München, R. Oldenbourg); Derselbe: Kosten der Betriebskräfte bei 1- bis 24stündiger Arbeitszeit täglich (München, Oldenbourg).

[3] Abkürzungen der Maße, Gewichte usw.:

Meter	m	Kilogramm	k
Zentimeter	cm	Tonne (1000 k)	t
Millimeter	mm	Hektokilogramm (100 k)	hk
Kubikmeter	cbm	Hektoliter (100 l)	hl
Liter	l	Hektowärmeeinheit (100 w)	hw
Gramm	g	Pferdestärke	PS oder Pf

3500 w, erreicht aber unter Umständen selbst 4500 w[1]. Bei achtstündiger Arbeit leistet der Mensch sekundlich etwa 4,7 mk mechanische Arbeit, somit täglich 127 000 mk, entsprechend 300 w, oder nicht ganz 0,5 Stundenpferd. Die übrige in den Nahrungsmitteln aufgespeicherte Sonnenwärme wird wesentlich zur Erhaltung der Temperatur, Verdauungsarbeit, Atmung u. dgl. verbraucht, vergleichbar mit dem Leerlauf einer Maschine[2].

Die Kosten von 100 Pferdekraftstunden betragen demnach etwa:

200 Arbeiter, je 2,5 Mk.	500 Mk.
10 Pferde, einschl. Wartung	50 „
Dampf- und Gasmaschine	1 bis 5 „

Menschenkraft ist also etwa 200 mal so teuer wie Maschinenkraft. Für diese Ersetzung von Menschenarbeit durch Maschinenkraft[3] ist aber ganz besonders die Gaskraftmaschine geeignet. Die möglichst vorteilhafte Herstellung von Kraftgas ist daher sehr wichtig.

Die Einheit der mechanischen Arbeit ist bekanntlich das Meterkilogramm = mk. 75 mk entsprechen einer Maschinenpferdestärke = PS.

Als Wärmeeinheit (w) für technische Zwecke gilt die Wärmemenge, welche erforderlich ist, 1 k Wasser (bei etwa 15°) um 1° zu erwärmen; eine Umrechnung auf die wissenschaftliche Wärmeeinheit (cal. g Wasser von 0°) ist kaum je erforderlich. 100 w werden passend mit hw (Hektowärmeeinheit) bezeichnet. 1 w ist = 425 mk, somit 1 Stundenpferdestärke = 635 w.

Die Einheit der elektrischen Arbeit ist das Voltampere (VA) oder Watt = 0,102 mk. 1 Kilowatt = 1000 Watt, demnach 1 Kilowattstunde = 1,359 PS = 864 w. Ferner (sekundlich):

VA	mk	w	PS
1	0,102	0,00024	0,00136
9,81	1	0,00235	0,0133
4164	425	1	5,73
736	75	0,1765	1

[1] Vgl. *E. v. Leyden:* Handbuch der Ernährungstherapie (Leipzig 1897), S. 147; vgl. Fischers Jahresber. 1900, II, 442.

[2] Übrigens gleicht das ganze Leben mancher Menschen einem solchen „Leerlauf“, da sie überhaupt keine nutzbare Arbeit liefern. Das mechanische Äquivalent der geistigen Arbeit ist noch nicht bekannt.

[3] Die Forderung nach Verkürzung der Arbeitszeit und gleichzeitig erhöhtem Lebensgenuß ist ein schreiender Widerspruch, wenn nicht die verminderte Quantität durch bessere Qualität der Arbeit ausgeglichen, die Menschenarbeit veredelt wird. Dieses kann dadurch geschehen, daß die mechanische Arbeit möglichst auf Maschinen übertragen wird, und daß die Arbeitsverfahren verbessert werden, was eben eine erhöhte wissenschaftliche Tätigkeit erfordert. Es ist durchaus nicht die „schwielige Faust“ des Arbeiters, von welcher das Gedeihen der Industrie abhängt, sondern das Wissen und technische Können der Fabrikleiter, der Chemiker und der Ingenieure, welche dem Arbeiter den geeigneten Platz anweisen, wo er seine Fähigkeiten betätigen kann. (Vgl. *Fischer:* Die Industrie Deutschlands und seiner Kolonien, 2. Aufl., S. 3.)

Beurteilung von Kraftgas.

Regeln für Leistungsversuche an Gasmaschinen und Gaserzeugern,

aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure, dem Verein deutscher Maschinenbau-anstalten und dem Verband von Großgasmaschinenfabrikanten im Jahre 1906.

Einleitung. Die folgende Zusammenstellung hat den Zweck, für Leistungsversuche an Kraftgasanlagen und Verbrennungskraftmaschinen Regeln von allgemeiner Gültigkeit zu schaffen.

Es ist wünschenswert, durch Angabe der wichtigsten Verhältnisse der untersuchten Anlagen und der Umstände, unter welchen die Ergebnisse erzielt worden sind, dahin zu wirken, daß diese Ergebnisse nicht nur für den einzelnen Fall benutzt werden können, sondern auch allgemeinen Wert erhalten. Zu dem Zweck ist es erforderlich, daß alle Angaben einheitlich nach Maßgabe der nachfolgenden Bestimmungen gemacht werden.

Mit der Ausführung derartiger Untersuchungen sind nur solche Personen zu beauftragen, welche die hierzu erforderliche Sachkenntnis und Übung besitzen. Sie sollen mit Beachtung des jeweiligen Zweckes, der es in vielen Fällen nicht fordern wird, daß die hier betrachteten Untersuchungen sämtlich durchgeführt werden, einen Versuchsplan aufstellen, die zur Untersuchung dienenden Vorrichtungen auf ihre Brauchbarkeit prüfen und die Ergebnisse zusammenstellen. Ihren Arbeiten sind die folgenden Bestimmungen mit sinngemäßer Anwendung und Auswahl für den einzelnen Fall zugrunde zu legen.

Allgemeine Bestimmungen.

Gegenstand der Untersuchungen.

1. Gegenstand der Untersuchung einer Kraftgaserzeugungsanlage kann sein:

a) die Menge, die Zusammensetzung und der Heizwert des verbrauchten Brennstoffes;
b) die Menge, die Zusammensetzung und der Heizwert des erzeugten Gases;
c) der Wirkungsgrad der Gaserzeugungsanlage;
d) die einzelnen in der Gaserzeugungsanlage stattfindenden Wärmeverluste;
e) die Menge der in 1 cbm Gas enthaltenen Verunreinigungen (Staub, Teer, Schwefel usw.);
f) der Feuchtigkeitsgehalt des Gases;
g) der Wasserverbrauch der Gaserzeugungsanlage, insgesamt und in den einzelnen Teilen;
h) die zum Betrieb einschließlich der Reinigungsanlage erforderliche mechanische Arbeit;
i) die Dauer des Anblasens;
k) der Abbrand während der Tag- und Nachtpausen.

2. Gegenstand der Untersuchung einer Verbrennungskraftmaschine kann sein:

a) die indizierte Leistung und die Nutzleistung;
b) der mechanische Wirkungsgrad;

c) der Brennstoffverbrauch und der Wärmeverbrauch für 1 PS-st;
d) der Verbrauch an Schmiermitteln, getrennt für Zylinder und Maschine;
e) der Verbrauch an Wasser und die ins Kühlwasser abgeführte Wärme;
f) die Schwankungen der Umlaufzahl;
g) die Zusammensetzung der Abgase.

Zahl und Dauer der Untersuchungen; zulässige Schwankungen.

3. Zahl und Dauer der Versuche haben sich nach dem Zwecke der Untersuchung zu richten und sind unter Berücksichtigung der Anlage- und Betriebsverhältnisse — bei Versuchen von besonderer Wichtigkeit, deren Ergebnisse z. B. für die Abnahme, für Abzüge oder Prämien maßgebend sind, auch nach der Bedeutung des damit verknüpften Interesses — gemäß Nr. 4 bis 8 zu bemessen und vorher zu vereinbaren.

4. Abnahmeversuche sollen möglichst bald nach Inbetriebnahme einer Anlage ausgeführt werden; jedoch wird dem Lieferanten zu eigenen Vorversuchen und zu den etwa nötigen Verbesserungen eine angemessene Frist eingeräumt. Die Dauer dieser Frist und sonstige Bedingungen sind möglichst bei Abfassung des Lieferungsvertrages festzustellen.

5. Um die zu untersuchende Anlage im Betriebe kennen zu lernen, die zur Verwendung kommenden Vorrichtungen zu prüfen und die Beobachter und Hilfskräfte anzuweisen, müssen Vorversuche zugelassen werden.

6. Handelt es sich um die Ermittlung des Brennstoffverbrauches von Gaserzeugern, so hat der Versuch im Beharrungszustand mindestens 8 Stunden ohne Unterbrechung zu dauern.

7. Handelt es sich um die Bestimmung des Verbrauches an flüssigem oder gasförmigem Brennstoff, so genügen, den Beharrungszustand vorausgesetzt, bei den hohen Belastungsstufen Messungen von etwa einstündiger Dauer, und falls außerdem der Verbrauch bei niedrigeren Belastungen ermittelt werden soll, hierfür Messungen von noch kürzerer Dauer. Um den Beharrungszustand nachzuweisen, ist die Temperatur des abfließenden Kühlwassers von Zeit zu Zeit abzulesen. Bei den vorstehenden Zeitangaben ist vorausgesetzt, daß keine Unterbrechung oder Störung des Versuches stattfindet, und daß Zwischenablesungen für den Verbrauch nur wenig voneinander abweichende Werte ergeben.

8. Soll lediglich der mechanische Wirkungsgrad einer Verbrennungskraftmaschine festgestellt werden, so genügen Versuche von kurzer Dauer im Beharrungszustande; doch sind mindestens 10 Diagrammsätze zu nehmen.

9. Für Untersuchungen von besonderer Wichtigkeit sind mindestens zwei Versuche hintereinander auszuführen, die nur dann als gültig erachtet werden, wenn sie nicht durch Störungen unterbrochen worden sind und wenn ihre Ergebnisse nicht mehr voneinander abweichen, als unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden darf. Der Mittelwert aus diesen beiden Versuchen wird als endgültig angenommen.

10. Wie weit von der zugesagten Leistung und von dem zugesagten Verbrauch abgewichen werden darf, ohne die Zusage als verletzt erscheinen zu lassen, ist vor den Versuchen (sei es im Lieferungsvertrage, sei es bei Aufstellung des Versuchsplanes) zu vereinbaren. Ist keine andere Vereinbarung getroffen, so gilt die Zusage noch als erfüllt, wenn die durch den Versuch ermittelte Zahl um nicht mehr als 5 v. H. ungünstiger ist als die zugesicherte Zahl. Doch gilt dieser Spielraum für die Leistung nur bezüglich einer außer der Dauerleistung zugesagten Höchstleistung. Die zugesagte Dauerleistung muß die Maschine unter allen Umständen aufweisen. Innerhalb derselben Grenzen muß der zugesicherte Verbrauch an Brennstoff oder Wasser auch dann noch innegehalten werden, wenn bei Schwankungen während des Versuches die Belastung der Maschine im Mittel während des ganzen Versuches um nicht mehr als $\pm 5\%$, im einzelnen in der Regel um nicht mehr als $\pm 15\%$ von der dem zugesicherten Brennstoff- oder Wasserverbrauch zugrunde gelegten Beanspruchung oder Belastung abgewichen ist.

Bemerkung. Da es bei Leistungsversuchen oft nicht möglich ist, die Verbrennungskraftmaschine mit derjenigen Nutzleistung arbeiten zu lassen, auf welche sich die im

Vertrage ausgesprochene Zusage bezieht, so empfiehlt es sich, auch für größere und kleinere Leistungen Zahlen des voraussichtlichen Brennstoffverbrauches in den Vertrag aufzunehmen. Dasselbe gilt sinngemäß auch für Kraftgaserzeuger.

Maßeinheiten und Benennungen.

11. Bei Druckangaben ist stets beizufügen, ob absoluter, Über- oder Unterdruck zu verstehen ist. Unter Atmosphäre als Druckbezeichnung ist die metrische, d. h. 1 k/qc, zu verstehen.

12. Alle Temperatur- und Wärmemessungen beziehen sich auf das 100teilige Thermometer von Celsius.

13. Als mechanisches Wärmeäquivalent gilt der Wert 427 mk = 1 w, entsprechend 1 PS-st = 632 w.

14. Als Heizwert eines Brennstoffes ist der untere Heizwert einzusetzen, d. h. diejenige Wärmemenge, welche bei der vollständigen Verbrennung des Brennstoffes und bei der Abkühlung der Verbrennungserzeugnisse auf die ursprüngliche (Zimmer-)Temperatur unter konstantem Druck frei wird, falls angenommen wird, daß das Verbrennungswasser und die in dem Brennstoff enthaltene Feuchtigkeit dampfförmig bleiben. Der Heizwert ist auf die Einheitsmenge ursprünglichen Brennstoffes (ohne Abzug von Asche, Feuchtigkeit usw.) bezogen in w anzugeben. Bei festen und flüssigen Brennstoffen gilt als Einheitsmenge 1 k Brennstoff. Der Heizwert von gasförmigen Brennstoffen ist auf 1 cbm bei 0° und 760 mm Barometerstand bezogen oder als „effektiver" Heizwert, d. h. bezogen auf 1 cbm des tatsächlich vorliegenden Gases, in w anzugeben. Falls keine weiteren Angaben gemacht sind, ist immer der auf 0° und 760 mm Barometerstand reduzierte Heizwert gemeint.

15. Unter dem Wirkungsgrad einer Gaserzeugungsanlage versteht man das Verhältnis der in dem erzeugten Gase chemisch gebundenen Wärmemenge zu der Verbrennungswärme der gesamten in der Anlage verbrauchten Brennstoffmenge, beide aus dem unteren Heizwert berechnet.

Bemerkung: Bei Kraftgasanlagen mit einem besonders geheizten Dampfkessel empfiehlt es sich, auch das Verhältnis der im erzeugten Gase chemisch gebundenen Wärmemenge zu dem Heizwert des lediglich im Generator hierzu aufgebrauchten Brennstoffes zu bestimmen.

16. Für die Leistung einer Verbrennungskraftmaschine gilt als Maßeinheit die Pferdestärke gleich 75 Sekundenmeterkilogramm. Es ist unzweifelhaft auszudrücken, ob die indizierte oder die Nutzleistung gemeint ist. Falls keine weitere Bezeichnung angegeben, ist stets die Nutzleistung gemeint.

17. Als indizierte Leistung der Maschine oder indizierte Leistung schlechthin gilt der Unterschied zwischen den im ganzen erzeugten und den im ganzen hiervon innerhalb der Maschine verbrauchten indizierten Arbeiten, oder kurz: der Unterschied zwischen der positiven und der negativen indizierten Leistung. Leerlaufarbeit ist die indizierte Leistung der Maschine in dem Zustand, in dem sie keine Nutzarbeit leistet.

18. Der mechanische Wirkungsgrad ist das Verhältnis der Nutzleistung zur indizierten Leistung der Maschine.

19. Alle Verbrauchszahlen sind auf die Stunde und, falls sie mit der Leistung der Maschine verglichen werden sollen, auf 1 PS-st zu beziehen. Wenn nichts anderes bestimmt ist, beziehen sich diese Angaben auf die Nutzleistung bei voller Belastung.

Ausführung der Untersuchungen.

20. Handelt es sich um die Messung des in einem Gaserzeuger erzeugten Gases oder des in einer Maschine verbrauchten Brennstoffes, so sind alle für den Versuch nicht zur Anwendung kommenden Leitungen von den Versuchsleitungen, dem Generator und der Versuchsmaschine abzusperren, am besten mittels Blindflansche. Die Versuchsleitungen, Gasbehälter usw. sind auf ihre Dichtheit zu prüfen und zu dichten. Unvermeidliche Undichtigkeitsverluste sind, zumal bei gemauerten Gaskanälen, festzustellen.

Untersuchung des Brennstoffverbrauches einer Kraftgasanlage.

21. Art, Zahl und Dauer der Versuche sind nach Maßgabe der „Allgemeinen Bestimmungen“ (Nr. 1 bis 10) zu vereinbaren.

22. Die Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Kraftgasanlage sind im Versuchsberichte so vollständig anzugeben und durch Zeichnungen zu erläutern, wie es zur Beurteilung der Wirkungsweise und der Prüfungsergebnisse erforderlich ist.

23. Vor dem Versuch ist die Kraftgasanlage innerlich und äußerlich auf ihren ordnungsmäßigen Zustand zu prüfen.

24. Der im Gaserzeuger verbrauchte Brennstoff wird gemessen durch das Gewicht des Brennstoffes, der während des Versuches nachgefüllt werden muß, damit der Generator am Ende des Versuches genau denselben Inhalt an im Brennstoff chemisch gebundener und an freier Wärme besitzt wie zu Anfang des Versuches. Zur Erfüllung dieser Bedingung ist es nicht ausreichend, daß die Schütthöhe am Ende gleich ist wie am Anfang; vielmehr muß auch beachtet werden, welchen Einfluß die im Generator enthaltenen Aschen- und Schlackenmengen, die Lage der Glühzone, die Bildung von Hohlräumen, die Dichte der Generatorfüllung und die chemische Beschaffenheit der in Verbrennung begriffenen Brennstoffteile auf den Wärmeinhalt des Generators ausüben.

Um der geforderten Bedingung zu genügen, sind folgende Vorschriften zu erfüllen:

25. Bei Beginn des Versuches muß sich die Anlage tunlichst im Beharrungszustande befinden; sie muß deshalb nach der Reinigung einen oder mehrere Tage im Betriebe gewesen sein, und zwar mit Brennstoff von derselben Beschaffenheit und Korngröße, bei derselben Schütthöhe, bei derselben Art der Bedienung hinsichtlich des Nachfüllens von Brennstoff und des Schlackens und bei derselben Beanspruchung wie während des Versuches.

26. Während des Versuches soll der Gaserzeuger möglichst nach den Bedienungsvorschriften beschickt und geschürt werden; die Schütthöhe muß zu Anfang und zu Ende des Versuches gleich sein und während des Versuches möglichst ebenso erhalten bleiben; ungefähr eine halbe Stunde vor Beginn und vor Ende des Versuches ist abzuschlacken. Ist es unmöglich, während des Betriebes zu schlacken, so muß die Anlage zu Ende des Versuches sofort stillgesetzt werden, worauf der Generator rasch abzuschlacken und bis zu gleicher Schütthöhe wie zu Anfang des Versuches nachzufüllen ist. Die hierzu verwendete Kohlenmenge ist dem Verbrauch zuzurechnen.

27. Der während des Versuches verbrauchte Brennstoff ist zu wägen, ebenso der unverbrauchte und noch brauchbare Brennstoff, der beim Schlacken oberhalb des Rostes herausfällt, und derjenige, welcher aus der Asche herausgelesen wird. Die Menge des ersteren darf vom Verbrauch in Abzug gebracht werden, nicht aber der Brennstoff, der aus der Asche herausgelesen wird, und nicht der Kohlenstaub, der sich in den Reinigern und Leitungen hinter dem Generator vorfindet.

28. Um die während des Versuches gezogene Aschen- und Schlackenmenge bestimmen zu können, ist der Aschenfall vor dem Versuche zu entleeren; ist das nicht möglich (Schrägrostfeuerungen), so sind die Rückstände darin vor und nach dem Versuch abzugleichen.

29. Der Abbrand während der Tag- und Nachtpausen ist festzustellen.

30. Um vom festen Brennstoff eine richtige Durchschnittsprobe zu erlangen, kann man in folgender Weise verfahren. Von jeder Ladung (Karre, Korb u. dgl.) des zugeführten Brennstoffes wird eine Schaufel voll in ein mit einem Deckel versehenes Gefäß geworfen. Sofort nach Beendigung des Versuches wird der Inhalt des Gefäßes zerkleinert, gemischt, quadratisch ausgebreitet und durch die beiden Diagonalen in vier Teile geteilt. Zwei einander gegenüber liegende Teile werden fortgenommen, die beiden anderen wieder zerkleinert, gemischt und geteilt. In dieser Weise wird fortgefahren, bis eine Probemenge von 5 bis 10 k übrigbleibt, die in gut verschlossenen Gefäßen zur Untersuchung gebracht wird. Außerdem ist während des Versuches eine Anzahl von Proben zur Bestimmung der Feuchtigkeit in luftdicht verschließbare Gefäße zu füllen.

31. Die Zusammensetzung des Brennstoffes ist durch Elementaranalyse zu ermitteln. Es soll der Gehalt an Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Schwefel (S),

Asche (A) und Wasser (W) in Gewichtsprozenten bezogen auf ursprünglichen Brennstoff angegeben werden. Der Gehalt des Brennstoffes an Stickstoff (N) kann unberücksichtigt bleiben. Das Verhalten in der Hitze ist durch Verkokungsprobe zu ermitteln.

32. Der Heizwert des Brennstoffes ist calorimetrisch zu ermitteln.

Bemerkung: Auf Grund der chemischen Analyse kann der Heizwert von Anthrazit, Koks, Steinkohlen und Braunkohlen angenähert mittels der sog. Verbandsformel

$$81\,C + 290\left(H - \frac{O}{8}\right) + 25\,S - 6\,W$$

berechnet werden.

Untersuchung der Leistung einer Verbrennungskraftmaschine.

33. Art, Zahl und Dauer der Versuche sind nach Maßgabe der „Allgemeinen Bestimmungen“ (Nr. 1 bis 8) zu vereinbaren.

34. Die Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Maschine sind im Versuchsbericht so vollständig anzugeben, wie es zur Beurteilung der Wirkungsweise und der Betriebsergebnisse erforderlich ist; insbesondere: Bauart und Leistung der Maschine; Durchmesser der Zylinder und Kolbenstangen; Kolbenhub, Inhalt des Kompressionsraumes und sonstige in Betracht kommende Abmessungen; die normale Umlaufzahl und ihre zulässigen Schwankungen; Art und Heizwert des Brennstoffes, für den die Maschine bestimmt ist. Der Durchmesser des Zylinders und der Kolbenhub sind, wenn es möglich ist, zu messen.

35. Vor dem Versuch ist die Maschine innerlich und äußerlich auf ihren ordnungsmäßigen Zustand zu prüfen.

36. Die Umlaufzahl der Maschine wird durch ein Zählwerk ermittelt, dessen Stand in entsprechenden Zwischenräumen vermerkt und von Zeit zu Zeit durch direkte Zählung der Umläufe nachgeprüft wird.

Werden die Geschwindigkeitsverhältnisse der Maschine untersucht, so sind zu bestimmen:

a) die Umlaufzahlen im Beharrungszustande bei maximaler Belastung und im Leerlauf;

b) die Schwankungen der Umlaufzahl bei gleichbleibender Belastung;

c) um wieviel die Umlaufzahl, vom Beharrungszustand aus, bei vorgeschriebener Belastung oder Entlastung vorübergehend sinkt oder steigt.

37. Die Nutzleistung kann mittels der Bremse oder auf elektrischem Wege ermittelt werden. — Die Maß- und Gewichtsverhältnisse der Bremse sind möglichst vor dem Versuch festzustellen.

Die elektrische Messung kann durch eine Dynamomaschine erfolgen, die mit der Gasmaschine unmittelbar gekuppelt ist. Die Nutzarbeit wird aus der von der Dynamomaschine abgegebenen Leistung berechnet. Der Wirkungsgrad der Dynamomaschine ist nach einer der Methoden zu bestimmen, die in den „Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren“, herausgegeben vom Verband deutscher Elektrotechniker, festgelegt sind. Ist der Wirkungsgrad mittelbar durch Bestimmung der „meßbaren Verluste“ ermittelt, so ist für die nicht berücksichtigten Verluste ein Bauschbetrag von 2% der Vollastarbeit als von der Gasmaschine zusätzlich geleistete Arbeit einzusetzen.

Die Geräte, mit denen die elektrischen Messungen vorgenommen werden, müssen vor und möglichst auch nach dem Versuch geeicht werden.

38. Die Indicatoren sind möglichst unmittelbar am Verbrennungsraum ohne lange und scharf gekrümmte Zwischenleitungen anzubringen, und zwar an jedem Verbrennungsraum ein Indicator. Zu dem Zweck ist jeder Verbrennungsraum mit einer Bohrung für $^3/_4''$ oder $1''$ Whitworth zu versehen. Dasselbe gilt sinngemäß für die Pumpenzylinder.

Die Indicatoren und ihre Federn sind vor und nach dem Versuch nach den Normen des Vereins deutscher Ingenieure zu prüfen.

39. Während des Versuches sind möglichst oft Diagramme an jedem Verbrennungsraum und an den Pumpenzylindern abzunehmen. Die Diagramme erhalten Ordnungsnummern und Angaben über die Zeit der Entnahme, den Federmaßstab und die Zahl der Einzeldiagramme. Es sind jedesmal mindestens 5 Diagramme hintereinander auf einem Blatt aufzunehmen. Von Zeit zu Zeit sind auch Diagramme mit shwacher Feder an den Verbrennungsräumen zu entnehmen.

Die indizierte Leerlaufarbeit ist unmittelbar nach Schluß des Hauptversuches zu messen, so lange die Maschine noch betriebswarm ist. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß die Leerlaufdiagramme nicht während einer Beschleunigungs- oder einer Verzögerungsperiode des Schwungrades entnommen werden.

Untersuchung des in einer Kraftgasanlage erzeugten oder in einer Verbrennungskraftmaschine verbrauchten Gases oder des verbrauchten flüssigen Brennstoffes.

40. Die Proben für die chemische Analyse des Gases werden während des Versuches in gleichmäßigen Zwischenräumen möglichst oft entnommen und entweder an Ort und Stelle analysiert oder in zugeschmolzenen Glasröhren bis zur Ausführung der Analyse aufbewahrt. Durch die Analyse soll der Gehalt in Volumprozenten an Kohlenoxyd (CO), Kohlensäure (CO_2), Wasserstoff (H_2), Methan (CH_4), an schweren Kohlenwasserstoffen und an Sauerstoff (O_2) bestimmt werden; außerdem empfiehlt es sich, den Schwefelgehalt (in g pro cbm) zu ermitteln. Die Gasproben sind zwischen der Reinigungsanlage und der Maschine zu entnehmen.

41. Der Heizwert des Gases ist möglichst oft calorimetrisch zu bestimmen. Der Brenner des Calorimeters, in dem die Heizwertbestimmung ausgeführt wird, soll womöglich ununterbrochen von der Gasleitung aus gespeist werden. Bei Sauggasanlagen kann dies durch Anwendung einer Gaspumpe, welche aus der Leitung saugt, geschehen. Ist man gezwungen, bei abgestelltem Calorimeter eine Gasprobe aus der Gasleitung zu entnehmen, die erst nachher unter Überdruck gesetzt oder im Calorimeter verbrannt wird, so soll die abgezapfte Gasmenge mindestens 300 l betragen, damit das Calorimeter auch hinsichtlich des abtropfenden Verbrennungswassers zuerst in den Beharrungszustand gebracht werden kann, und damit dann mindestens 100 l für zwei aufeinanderfolgende Heizwertermittlungen übrigbleiben. Die Saugpumpe, der Gasbehälter und die Leitungen müssen bei der Calorimetrierung von Sauggas besonders sorgfältig gedichtet werden.

42. Die Gasuhr des Kalorimeters, in dem der Heizwert des erzeugten Gases bestimmt wird, muß geeicht werden. Zur Bestimmung der Temperaturen des Kalorimeterwassers dürfen nur mit Eichschein versehene Thermometer, oder mit solchen verglichene Thermometer, die mindestens in $^1/_{10}{}^\circ$ eingeteilt sind, verwendet werden.

Bemerkung: Auf Grund der chemischen Analyse kann der Heizwert von Gasen, welche keine schweren Kohlenwasserstoffe enthalten, mittels der Formel

$$30{,}5\,(CO) + 25{,}7\,(H_2) + 85{,}1\,(CH_4)$$

berechnet werden, falls die Bestimmung durch Calorimeter nicht ausführbar ist.

43. Die Menge des erzeugten oder verbrauchten Gases wird mittels Gasglocke oder Gasuhr bestimmt. Die Querschnittfläche der Gasglocke ist durch Messung ihres Umfanges an mehreren Stellen zu bestimmen. Verbrauchmessungen mittels der Gasglocke sollen nicht ausgeführt werden, während die Sonne auf die Glocke scheint.

44. Die Gasuhr ist zu eichen und nach der Wasserwage aufzustellen; sie ist so zu füllen, daß der Wasserstand der normalen Füllung beim Eichen entspricht. Zwischen Gasuhr und Maschine ist ein Druckregler oder ein so großer Saugraum einzuschalten, daß der Wasserstand an der Gasuhr bei den auftretenden Druckschwankungen nur leichte Zuckungen ausführt.

45. In der Versuchsdauer angepaßten Zwischenräumen sind abzulesen: die Stellung der Gasglocke an drei Stellen oder der Stand der Gasuhr; der Druck in der Glocke oder

der Gasuhr; die Temperatur des Gases beim Eintritt und beim Austritt aus der Glocke oder dem Gasmesser und vor der Maschine; der Barometerstand.

46. Ist die Temperatur des Gases bei der Verbrauchmessung verschieden von derjenigen bei der Heizwertbestimmung, so ist bei der Umrechnung auch diejenige Vergrößerung des Volumens zu berücksichtigen, die durch den größeren Feuchtigkeitsgehalt des Gases bei höherer Temperatur bedingt ist.

47. Der Verbrauch an flüssigem Brennstoff ist durch Wägung oder Raummessung festzustellen. Für die Bestimmung des Heizwertes, der Zusammensetzung und des spezifischen Gewichtes des Brennstoffes genügt dabei eine Durchschnittsprobe.

48. Gleichzeitig mit den Messungen über den Brennstoffverbrauch von Verbrennungskraftmaschinen ist der Verbrauch an Schmieröl für ihre Arbeitszylinder zu bestimmen.

49. Soll bei doppeltwirkenden oder Tandem- oder Zwillingsmaschinen der Verbrauch bei niedrigeren Belastungen bestimmt werden, so darf dabei nicht etwa an einer oder mehreren Zylinderseiten der Gaszutritt abgesperrt werden, falls nicht andere Bestimmungen vereinbart und im Versuchsbericht erwähnt werden, oder falls nicht der Regler selbsttätig die Absperrung besorgt.

Zu diesen „Regeln", soweit sie sich auf Kraftgas beziehen, ist folgendes zu bemerken:

Zu 31 und 32: Die Elementaranalyse der Brennstoffe und die sog. Verbandsformel sind hier nicht zu empfehlen, da die calorimetrische Bestimmung des Brennwertes jetzt viel rascher und bequemer als die Elementaranalyse auszuführen ist. Außerdem ist nur die calorimetrische Bestimmung zuverlässig. Die Untersuchung der Brennstoffe ist im „Taschenbuch" beschrieben[1].

Zu 40: Bei der Entnahme der Gasproben ist die Löslichkeit der Bestandteile in Wasser zu beachten. Die Gasproben dürfen also nur mit solchem Wasser in Berührung kommen, welches mit den betr. Bestandteilen gesättigt ist. — 41 bezieht sich nur auf das *Junker*sche Calorimeter (S. 15).

Zur Bestimmung von Kohlensäure und Sauerstoff hat Verf.[2] unter Beibehaltung des Prinzipes, welches dem Apparate von *Schlösing* und *Rolland* zugrunde liegt und das dann von *Orsat*, *Salleron* u. a. weiter ausgebildet wurde[3], den Apparat Fig. 3 angegeben. Der untere, etwa 25 cc fassende Teil der zum Messen des zu untersuchenden Gases bestimmten Bürette *A*, welche zur Abhaltung von Temperaturschwankungen von einem weiten Zylinder mit Wasser eingeschlossen wird, ist in Zehntel, der obere in ganze Kubikzentimeter eingeteilt. Das dickwandige gläserne Capillarrohr ist an beiden Enden festgelegt, bei *i* in einem Ausschnitte der Scheidewand und bei *c* durch eine kleine, an der Decke des Kastens befindliche Stütze. Die drei Glashähne schließen sicher dicht und klemmen sich bei nur einigermaßen verständiger Behandlung (Vaselinschmierung) nie fest. Das Hahnrohr ist am vorderen Ende umgebogen und mit dem U-Rohr *B* verbunden, dessen Schenkel Baumwolle enthalten, während sich in der unteren Biegung

[1] *Fischer:* Taschenbuch für Feuerungstechniker, 6. Aufl.

[2] Fischers Jahresber. d. chem. Technolog. 1880, 230.

[3] Vgl. *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 1, S. 242 bis 250.

etwas Wasser befindet, um allen Ruß und Staub zurückzuhalten und das angesaugte Gas sicher mit Feuchtigkeit zu sättigen, bevor es zur Messung gelangt. Das nach hinten gerichtete Ende des Dreiweghahnes *c* ist durch einen Gummischlauch *a* mit dem Gummisauger *C* verbunden, durch welchen es leicht gelingt, das Gaszuführungsrohr und *B* mit dem zu untersuchenden Gase zu füllen. Die Bindung der Gase geschieht in den unten in Einschnitte festgelegten U-förmigen Gefäßen *D*, *E*, welche durch kurze Kautschukschläuche mit dem Hahnrohre verbunden und zur Vergrößerung der Berührungsfläche mit Glasröhren angefüllt sind. Da die Marke *m* sich über dieser Verbindungsstelle befindet, so ist diese stets mit der betreffenden Flüssigkeit benetzt und so leicht vollkommen dicht zu halten. Das andere Ende des U-Rohres ist mit einem Kautschukstopfen geschlossen, welcher ein Glasröhrchen enthält; die Röhrchen sind mit einem gemeinschaftlichen, etwa 200 ccm fassenden schlaffen Gummiballon *G*, zur Abhaltung des atmosphärischen Sauerstoffs, verbunden.

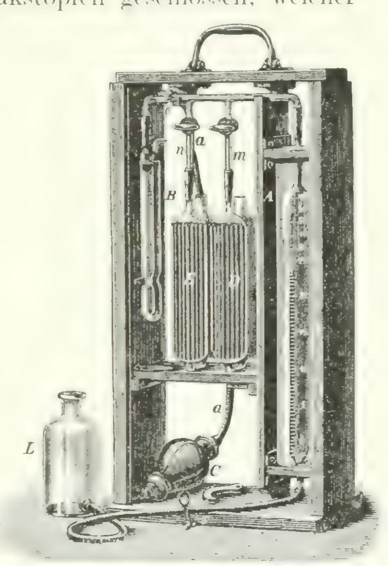


Fig. 3.

Soll der Apparat gebraucht werden, so füllt man zunächst den die Bürette *A* umgebenden Zylinder, sowie auch die Flasche *L* mit destilliertem Wasser. Zur Füllung der Absorptionsflaschen nimmt man die Stopfen mit den Glasröhren und Gummibeutel ab und gießt in das Gefäß *D* so viel Kalilauge von 1,20 bis 1,28 spez. Gewicht, daß dasselbe etwas über halb damit angefüllt wird. Ferner löst man 15 g Pyrogallussäure in 30 ccm heißem Wasser, fügt 80 ccm der obigen Kalilauge hinzu und gießt das Gemisch in das zweite Gefäß *E* zum Lösen des Sauerstoffs.

Man schließt die Glashähne, stellt den Hahn *c* wagerecht und hebt die Flasche *L*, so daß das Wasser die Bürette *A* füllt, gibt dem Hahn *c* eine Vierteldrehung nach links, so daß die zweite Durchbohrung zum Rohr *B* führt, öffnet den Hahn des Gefäßes *D*, senkt die Flasche *L* und öffnet vorsichtig den auf den Schlauch *s* gesetzten Quetschhahn, so daß die Kalilauge bis zur Marke *m* aufsteigt, worauf der Hahn geschlossen wird. In gleicher Weise werden auch die Flüssigkeiten des anderen Gefäßes *E* bis zur Marke aufgesaugt, wobei das Auge stets auf die aufsteigende Flüssigkeit gerichtet ist[1]. Dann werden die zwei Stopfen mit den Glasröhren luftdicht aufgesetzt. In Röhre *B* bringt man lose Baumwolle, setzt die Stopfen wieder ein und verbindet das Röhrchen *n* mittels eines Gummischlauches mit dem Glasrohre oder bei hohen Temperaturen Porzellanrohre, welches mit Lehm od. dgl.

[1] Es empfiehlt sich, diese Handhabung zunächst mit reinem Wasser einzuüben und erst dann die Absorptionsflüssigkeiten einzufüllen.

luftdicht in den Rauchkanal od. dgl. eingesetzt ist, um den Zutritt der atmosphärischen Luft zu verhüten.

Zur Probe, ob der Apparat dicht ist, stellt man den Hahn *c* wagerecht, preßt den Schlauch unmittelbar an dem Rohr im Rauchkanal od. dgl. mittels Quetschhahn oder der Hand fest zu und öffnet den Quetschhahn des Schlauches *s*. Die Wassersäule in *A* sinkt etwas, muß dann aber völlig fest stehen bleiben, da ein fortgesetztes langsames Sinken irgendeine Undichtigkeit verraten würde, die natürlich zunächst beseitigt werden muß, sei es durch besseres Überziehen des Schlauches, festes Eindrücken der Stopfen oder Schmieren der Glashähne mit Vaseline.

Nachdem man die Bürette *A* durch Heben der Flasche *L* bis zur Marke 100 mit Wasser gefüllt hat, stellt man den Hahn *c* so, daß die Verbindung von dem Gummisauger *C* durch das Rohr *B* mit dem Rauchkanal hergestellt ist, und saugt durch 10- bis 12maliges Zusammenpressen von *C* so lange, bis die ganze Leitung sicher mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt ist. Dieses geschieht am bequemsten in der Art, daß man mit der linken Hand *C* zusammenpreßt, dann mit dem Daumen der rechten Hand den Röhrenansatz *r* schließt und nun durch Öffnen der linken Hand den Ballen aufblähen läßt, den Daumen lüftet, *C* wieder zusammenpreßt usw., bis der Zweck erreicht ist. Nun stellt man den Hahn *c* wieder wagerecht, öffnet den Quetschhahn von *s* und senkt die Flasche *L*, so daß sich die Bürette *A* mit dem zu untersuchenden Rauchgase bis zum Nullpunkt anfüllt, worauf *c* durch Vierteldrehung nach links wieder geschlossen wird. Das Gas ist jetzt zwischen den Glashähnen und der Wassersäule in *A* eingeschlossen.

Zur Bestimmung der Kohlensäure öffnet man den Hahn von *D* und hebt *L* mit der linken Hand, so daß beim Öffnen des Quetschhahnes auf *s* mit der rechten Hand das Gas in die Flasche *D* übertritt, senkt *L* wieder, bis die Kalilauge in *D* etwa zur Schlauchverbindung unter *m* reicht, und treibt das Gas noch einmal durch Heben von *L* in das Kaligefäß. Durch Senken der Flasche *L* und vorsichtiges Öffnen des Quetschhahnes läßt man nun die Kalilauge wieder bis zur Marke *m* aufsteigen, schließt den Glashahn, öffnet den Quetschhahn, hält die Flasche *L* so neben die Bürette, daß das Wasser in beiden Gefäßen gleich hoch steht, schließt den Quetschhahn wieder und liest endlich das zurückgebliebene Gasvolum ab. Der Stand des Sperrwassers gibt direkt den Prozentgehalt des untersuchten Gases an Kohlensäure. In gleicher Weise läßt man das Gas in das Gefäß *E* zwei- bis dreimal übertreten, bis keine Volumabnahme mehr erfolgt; die Ablesung nach der erfolgten Einstellung gibt die Menge der Kohlensäure und des Sauerstoffs zusammengenommen.

Ist so die Analyse beendet, so stellt man den Hahn *c* wieder wagerecht, hebt *L*, öffnet den Quetschhahn und läßt das Wasser in der Bürette bis auf 100 aufsteigen, stellt *c* wieder senkrecht, füllt mittels *C* die Leitung mit dem zu untersuchenden Gase und nimmt eine neue Probe. Man kann so bei einiger Übung alle 5 Minuten eine bis auf $^1/_5 \%$ genaue Analyse ausführen.

Wird die Absorption nach etwa 80 Analysen träge, so entleert man

mittels eines kleinen Hebers die Gefäße $D\,E$, spült mit destilliertem Wasser nach und füllt sie von neuem mit Kalilauge und Pyrogallat (bzw. Kupferchlorür). — Sollte durch Unachtsamkeit die Absorptionsflüssigkeit in das Hahnrohr steigen, so hebt man die Flasche L, öffnet den Quetschhahn und spült so durch das destillierte Wasser die Lösung in das Gefäß zurück. Gelingt dieses nicht ganz, so zieht man den Schlauch a von Hahn c ab, gibt letzterem eine halbe Umdrehung und läßt durch Heben von L so lange Wasser durch das Hahnrohr und den Hahn c ablaufen (die übrigen sind geschlossen), bis dasselbe völlig rein ist. Wurde dabei das Sperrwasser in der Bürette unrein, so muß es erneuert werden.

Man stelle den Apparat nie zur Seite, ohne vorher sämtliche Glashähne neu mit Vaseline zu fetten.

Die Bestimmung von Wasserstoff, Kohlenoxyd und Methan ist im „Taschenbuch" beschrieben[1]. Sie wird seltener ausgeführt als die so einfach ausführbare Brennwertbestimmung.

Zur Bestimmung des Brennwertes der Gase verwendet der Verf. den Apparat Fig. 4 ($^1/_5$ nat. Gr.).

In dem Holzgefäße B hängt das aus vernickeltem Kupfer hergestellte Wassergefäß A. Der ebenfalls vernickelte Behälter C wird wasserdicht in den Ansatz v des Wassergefäßes A eingesetzt. In die drei linsenförmigen Erweiterungen sind am Rande ausgezackte Bleche n eingesetzt, damit die Verbrennungsprodukte die Metallflächen möglichst berühren und die Wärme an das Wasser vollständig abgeben, bevor sie durch b entweichen. Die eine Hälfte des zweiteiligen Deckels D trägt den Ansatz t für das Thermometer und zwei Ansätze c für den Rührer R. Das Ganze ruht auf den drei Füßen F. Der von dem Arm m und der Hülse f getragene Brenner E kann durch Anschlag a und einen Stift unter f leicht und sehr rasch in die gezeichnete Stellung gebracht werden. Damit die Flamme nicht zurückschlägt, ist in die Brennermündung ein nach unten kegelförmiges Nickeldrahtnetz eingesetzt; selbst sehr kleine Flammen brennen dann ruhig. Außerdem kann man noch ein nach oben gewölbtes Drahtnetz (hier besser Platin) aufsetzen. Durch den schrägen Ansatz s wird die Luft zur Flamme geführt und gleichzeitig das gebildete Wasser zurückgehalten.

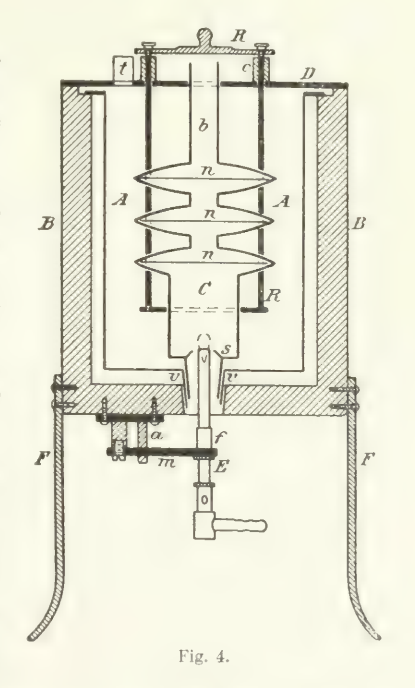


Fig. 4.

[1] *Fischer:* Taschenbuch für Feuerungstechniker, 6. Aufl., S. 44.

Bei Ausführung einer Analyse setzt man Einsatz C ein (Ansatz bei v wird etwas gefettet), gießt in das Gefäß A die erforderliche Menge Wasser, legt Deckel D auf, setzt das Thermometer t ein und bewegt den Rührer, bis die Temperatur konstant ist. Inzwischen hat man den Brenner, soweit als erforderlich, nach unten gezogen und nach außen geschlagen, dann durch Schlauch mit der Experimentiergasuhr verbunden, durch welche das zu untersuchende Gas schon einige Zeit geleitet war, um das Sperrwasser damit zu sättigen[1]. Nun wird das aus E strömende Gas entzündet und die Flamme so eingestellt, daß, wie durch einen Vorversuch festgestellt wurde, vollständige Verbrennung erfolgt (etwa 5% überschüssiger Sauerstoff nach Apparat Fig. 3, S. 11). Bei Mischgas und Generatorgas schließt man die untere Luftzuführung am Brenner, bei schlecht brennenden Gasen (Hochofengas) empfiehlt sich die Zufuhr von Sauerstoff (etwa $1/_5$ des Gases) durch ein zentrales Rohr. — Man liest den Stand der Gasuhr ab, schiebt gleichzeitig mit der rechten Hand Brenner E unter das Calorimeter, bis m den Anschlag a trifft, und Brenner E in die gezeichnete Stellung, was (ohne hinzusehen) in kaum 1 Sekunde erfolgt. Ist die gewünschte Menge Gas verbrannt (etwa 1 l Leuchtgas, 1,5 bis 2 l Wassergas oder 3 l Mischgas bzw. Generatorgas), so drückt man den Schlauch unmittelbar vor dem Brenner zu, notiert den Stand des Gasmessers und bewegt den Rührer, bis das Thermometer festen Stand zeigt (etwa 2 Minuten lang). Temperaturzunahme mal Wasserwert des Calorimeters gibt den rohen Brennwert des verbrannten Gases. Für die Betriebsaufsicht genügt diese, in wenigen Minuten ausführbare Bestimmung, da es sich hier ja nur um die Schwankungen des Brennwertes handelt.

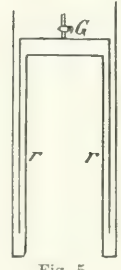


Fig. 5.

Für die Bestimmung des wirklichen Brennwertes ist zunächst das an der Gasuhr abgelesene Volum auf Normaldruck und 0° zu reduzieren, nach der bekannten Formel

$$V = \frac{v \cdot (B - e)}{760 \cdot [1 + (0{,}00366 \cdot t)]},$$

da das Gas in der Gasuhr völlig mit Wasserdampf gesättigt ist[2].

1000 cc Gas bei 20° und 747° gemessen entsprechen also z. B.:

$$\frac{1000 \cdot (747 - 17)}{760 \cdot (1 + 0{,}0732} = 896 \text{ cc.}$$

Durch Nichtberücksichtigung dieser Korrektur kommen also leicht Fehler von 10% vor.

Der größte Teil des bei der Verbrennung gebildeten Wassers sammelt sich in C. Zur Bestimmung desselben wird das Kühlwasser in A ausgegossen, C (dessen Gewicht bekannt ist) außen abgetrocknet (ohne daß Wasser aus-

[1] Steht das zu untersuchende Gas nicht unter Druck, so wird es zunächst in einen Gasometer G (Fig. 5) gesaugt, in welchem es mit möglichst wenig Sperrwasser (im ringförmigen Raum r) zusammenkommt.

[2] Steht das Gas in der Uhr unter Druck, so ist auch dieser zu berücksichtigen; dieses fällt fort, wenn die Gaszufuhr geregelt wird, bevor das Gas in die Uhr tritt.

fließt) und gewogen. Für je 10 mg Wasser sind 6 cal. abzuziehen, wenn der Brennwert auf Wasserdampf von 20° bezogen wird, C wird dann mit destilliertem Wasser ausgespült (zur Entfernung von SO_2 und H_2SO_4) und für den nächsten Versuch getrocknet.

Neuerdings bezeichnet man auch wohl den Brennwert von Gasen bzw. auf 760 mm und 15° mit Zurechnung des verflüssigten Wassers (von 15°) als den oberen Brennwert, ohne die latente Verflüssigungswärme des gebildeten Wassers als unteren Brennwert.

Das Gascalorimeter von *Junkers* (D. R. P. Nr. 71 731 und 72 564) besteht im wesentlichen aus einem stehenden Röhrenkessel. Die von einem großen Bunsenbrenner in dem weiten Rohre a (Fig. 6) gelieferten Verbrennungsprodukte entweichen nach unten durch die Heizröhre b in den ringförmigen Sammelraum c und durch den Stutzen d nach außen. Das von der Wasserleitung dem Rohre e zugeführte Kühlwasser durchströmt ein Sieb f und sinkt durch das senkrechte Rohr g in das Calorimeter. Durch genügende Wasserzuführung bildet sich in dem Gefäß h ein Überfall mit konstantem Wasserspiegel. Hahn i dient zur Regelung der Wassermenge und Thermometer k zur Bestimmung der Temperatur des zufließenden Wassers, ehe dasselbe durch den ringförmigen Kanal l und eine große Anzahl kleiner Löcher in den untersten Teil des Calorimeters gelangt. Das erwärmte Wasser fließt oben durch Überfall z ab, nachdem es durch kreuzförmig gestellte Durchflußschlitze m gemischt und seine Temperatur durch das dort befindliche Thermometer bestimmt worden ist. Nach der dem Apparat beigegebenen Gebrauchsanweisung werden stündlich 100 bis 300 l Leuchtgas oder 400 bis 1000 l Mischgas verbrannt. Die Temperaturdifferenz des Wassers soll gewöhnlich 10 bis 20° betragen. Der Heizwert des Gases ist Wasser mal Temperaturdifferenz: Gasmenge. Für je 1 g des bei o abfließenden Kondenswassers werden 60 w in Rechnung gesetzt. Weitere Korrektionen werden in der Gebrauchsanweisung nicht vorgesehen. Der Apparat kostet etwa 300 Mk.

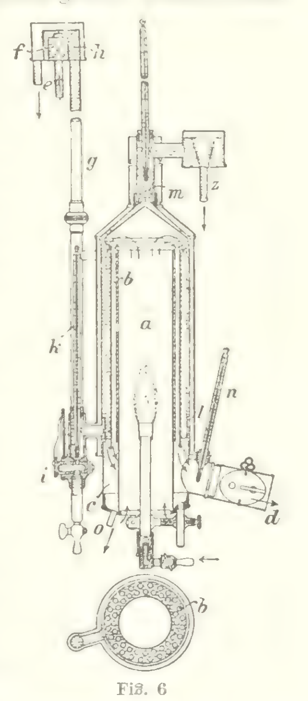


Fig. 6

Nach Versuchen des Verf. ist hierbei die Verbrennung des Gases nicht immer vollständig. Nach *B. Fischer*[1] und *Croissant*[2] stimmen die mit diesem Calorimeter bestimmten Brennwerte nicht mit den berechneten. Bei den Versuchen von *Nägel*[3] ist es trotz großer Anstrengungen nicht gelungen, für die Absolutwerte eine einigermaßen befriedigende Zuverlässigkeit zu erhalten. Es zeigte sich bei der Calorimetrierung von Generatorgas bei allen Versuchsreihen, daß das *Junkers*sche Calorimeter einen um etwa 10 bis 15% kleineren Heizwert anzeigte, als die Berechnung auf Grund der Gasanalyse ergab. Abwechselnd wurde am Calorimeter und am analytischen Verfahren verbessert, wodurch der Unterschied der beiden Heizwertzahlen nur noch augenfälliger und gesetzmäßiger wurde, anstatt zu verschwinden. Es besteht der endgültige Verdacht, daß das Methan, sobald es nur in einigen Prozenten dem Gase beigemischt ist, im Calorimeter nicht vollständig zur Verbrennung gelangt.

[1] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1897, 28.
[2] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1904, 55.
[3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, 1411.

Hubert[1] bestimmte den Brennwert von Hochofengasen einmal mit dem Calorimeter von *Junkers*, dann mit der Bombe von *Witz:*

	Junkers	Bombe
20. März 1900	915	984
21. „ 1900, morgens	876	991
21. „ 1900, nachm.	888	1004

Also Vorsicht!

Für die Verwendung eines Kraftgases ist der Brennwert nicht allein entscheidend, auch die einzelnen Bestandteile haben Einfluß auf den Gang der Maschine. Die Verbrennung von Wasserstoff und Kohlenoxyd:

$$2\,H_2 + O_2 = 2\,H_2O$$
$$2\,CO + O_2 = 2\,CO_2$$

findet unter Raumverminderung von 3 auf 2 statt (vgl. S. 18), während Methan:

$$CH_4 + 2\,O_2 = CO_2 + 2\,H_2O$$

ohne Änderung des Volums verbrennt, Benzol sogar unter Ausdehnung.

Das Gemisch von Gas und Luft wird im Zylinder so hoch, wie es der sichere Betrieb zuläßt, zusammengepreßt und erst dann entzündet. Die Grenze der Kompression ist durch die Gefahr der Selbstentzündung oder „Vorzündung" des Gasgemisches gegeben (vgl. S. 19). Welche Bestandteile eines Gas-Luft-Gemisches den Eintritt der Selbstzündung eines Brennstoff-Luft-Gemisches je nach ihrer Menge mehr oder weniger nach unten, und welche ihn nach oben verschieben, ist noch wenig untersucht. Sicher ist, daß Wasserstoff und die stark wasserstoffhaltigen Kohlenwasserstoffe, z. B. C_nH_{2n+2}, wie Benzin und Petroleum, mit zunehmendem Prozentsatz im Gemisch die Selbstentzündung begünstigen, weniger die benzolartigen Kohlenwasserstoffe mit geringem Wasserstoffgehalt, wie C_6H_6; Kohlensäure und Wasserdampf dagegen vermindern sie (vgl. S. 21). *K. Kutzbach*[2] hält etwa 5% Wasserstoff im Generator-Gas-Luft-Gemisch als zulässig für hohe Kompression des Gemisches, ohne Rücksicht auf die dämpfende Wirkung von Kohlensäure oder Wasserdampf.

Wenn die Bestimmung der Schwefelverbindungen im Kraftgas, welche durch die gebildete Schwefligsäure schädlich werden, wünschenswert ist, so wird sie am einfachsten durch Verbrennung ausgeführt[3].

Die spezifische Wärme der Gase bestimmte zuerst *Regnault*[4] genauer. *Wiedemann*[5] fand ähnliche Werte. Erheblich höhere Zahlen für die spezifische

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, 857.
[2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, 238; 1907, 581.
[3] *Fischer:* Taschenbuch für Feuerungstechniker, 6. Aufl., S. 53.
[4] Mém. l'Acad. 26, 1; *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 1, S. 142.
[5] Poggendorffs Annalen (1876) 157, 1.

Wärme von Kohlensäure und Wasserdampf fanden *Mallard* und *Le Chatelier*[1], die aber entschieden zu hoch sind, so daß alle damit ausgeführten zahlreichen Berechnungen hinfällig sind. Noch weniger können die spezifischen Wärmen nach *Häusser*[2] zutreffen. Auf die Versuche und Berechnungen von *Berthelot* und *Vieille*[3], *Winkelmann*[4], *Langen*[5] und *R. Linde*[6] muß verwiesen werden. *L. Holborn* und *L. Austin*[7] bestimmten folgende mittlere spezifische Wärmen:

	Stickstoff	Sauerstoff	Luft	Kohlensäure
20 bis 440°	0,2419	0,2240	0,2366	0,2306
20 „ 630°	0,2464	0,2300	0,2429	0,2423
20 „ 800°	0,2497	—	0,2430	0,2486

Die wahre spezifische Wärme für CO_2 bei der Temperatur t ist: $\gamma_t = 0,2028 + 0,0001384\,t - 0,00000005\,t^2$.

Nach den Versuchen von *L. Holborn* und *F. Henning*[8] sind in der folgenden Tabelle die Werte für die mittlere spezifische Wärme der Gase zwischen 0 und Θ^0 (C_0, Θ), sowie die wahre spezifische Wärme (Cw) angegeben.

Θ	Stickstoff		Kohlensäure		Wasserdampf	
	Cv, Θ	Cw	Co, Θ	Cw	C 100, Θ	Cw
[0]°	0,2350	0,235	0,2010	0,201	0,4669	0,469
200	0,2388	0,243	0,2151	0,229	0,4653	0,465
400	0,2426	0,250	0,2278	0,252	0,4672	0,473
600	0,2464	0,258	0,2390	0,271	0,4726	0,491
800	0,2502	0,265	0,2491	0,285	0,4817	0,519
1000	0,2540	0,273	0,2572	0,295	0,4941	0,558
1200	0,2578	0,281	0,2641	0,301	0,5101	0,608
1400	0,2616	0,288	0,2696	0,303	0,5296	0,668
[1600]	0,2654	0,296	0,2736	0,306	0,5527	0,739

In folgender Tabelle sind die wahren spezifischen Wärmen für Kohlendioxyd nach den verschiedenen Experimentatoren zusammengestellt:

	Regnault	E. Wiedemann	Mallard und Le Chatelier	Langen	Holborn und Austin	Holborn und Henning
0°	0,1870	0,1952	0,1880	0,1980	0,2028	0,201
100°	0,2145	0,2169	0,2140	0,2100	0,2161	—
200°	0,2396	0,2387	0,2390	0,2220	0,2285	0,229
400°	—	—	0,2840	0,2450	0,2502	0,252

[1] Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 93, 1014.
[2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, 240.
[3] Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 84, 407; 93, 1014; 96, 1186; 98, 852.
[4] Poggendorffs Annalen 159, 191.
[5] Mitteil. über Forschungsarbeiten d. Ingen.-Wesens 1903, Heft 8.
[6] Desgl. Heft 21.
[7] Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Berlin 1905, 175.
[8] Annalen d. Physik 1907, 809.

	Regnault	E. Wiedemann	Mallard und Le Chatelier	Langen	Holborn und Austin	Holborn und Henning
600°	—	—	0,3230	0,2690	0,2678	0,271
800°	—	—	0,3550	0,2920	0,2815	0,285
1000°	—	—	—	—	—	0,295
1200°	—	—	—	—	—	0,301

Danach ergeben sich für den praktischen Gebrauch folgende Werte:

	Mittl. spez. Wärme	Gewicht von 1 cbm	Mittl. spez. Wärme von 1 cbm
Kohlensäure (CO_2) von 10 bis 100°	0,216	1,977	0,43
400°	0,231	—	0,46
800°	0,249	—	0,49
Kohlenoxyd (CO)	0,245	1,259	0,31
Sauerstoff	0,230	1,429	0,33
Stickstoff	0,246	1,254	0,31
Wasserstoff	3,409	0,090	0,31
Wasserdampf	0,480	0,805	0,39
Methan (CH_4)	0,593	0,716	0,42
Schwefligsäure (SO_2)	0,155	2,864	0,45
Atm. Luft.	0,243	1,293	0,31

Für die Berechnung der Gasausbeuten, Umsetzungen u. dgl. erleichtert man die Übersicht ganz bedeutend, wenn man die Mengen nicht nach dem Gewicht, sondern nach dem Volumen in Rechnung setzt.

Das Kilogramm-Molekül aller Gase und Dämpfe nimmt bei 0° und 760 mm 22,2 cbm ein; danach 1 Mol. in g = 22,2 l (H = 1).

Bei der Verbrennung von Kohlenstoff: $C + O_2 = CO_2$ z. B. geben 12 k Kohlenstoff mit 22,2 cbm Sauerstoff 22,2 cbm Kohlensäure; bei der Kohlenoxydbildung: $C + O = CO$ geben 12 k Kohlenstoff mit 11,1 cbm Sauerstoff 22,2 cbm Kohlenoxyd, oder 1 k Kohlenstoff mit 4,32 cbm atmosphärischer Luft 5,26 cbm theoretisches Generatorgas. Beim Verbrennen von Kohlenstoff in atmosphärischer Luft muß daher die Summe von Kohlensäure und Sauerstoff 21% betragen, während für Wasserstoff

$$2\,H_2 + O_2 = 2\,H_2O$$

für je 4 k Wasserstoff 22,2 cbm Sauerstoff verbraucht werden, um 36 k Wasser zu bilden[1].

In entsprechender Weise geschieht die Berechnung des Brennwertes von Gasen und Dämpfen[2]; z. B. für 1 cbm Kohlenoxyd

$$68\,200 : 22{,}2 = 3072 \text{ w.}$$

Danach ergibt sich folgende Tabelle für den praktischen Gebrauch:

[1] Dieser Umstand ist für die Kontrolle von Gasanalysen wichtig, wie Verf. (Fischers Jahresber. 1887, 201; 1890, 599) gezeigt hat.

[2] Fischers Jahresber. 1882, 1143; 1887, 158. — *L. Meyer* (Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft 1889, 833) hat später dasselbe Verfahren vorgeschlagen.

	Mol.-Gewicht	Wasser von 0° als Verbrennungsprodukt		Wasserdampf von 20° [1] Verbrennungsprodukt	
		1 Mol.	1 cbm	1 Mol.	1 cbm
		hw	w	hw	w
Benzoldampf, C_6H_6	78	7870	35 450	7546	33 990
Propylen, C_3H_6	42	5000	22 523	4676	21 063
Äthylen, C_2H_4	28	3412	15 369	3196	14 396
Methan, CH_4	16	2135	9 617	1919	8 644
Wasserstoff, H_2	2	690	3 108	582	2 622
Kohlenoxyd, CO	28	682	3 072	682	3 072

Die Bildungswärme einer Verbindung ergibt sich aus der Differenz der Verbrennungswärme derselben und der der Elemente:

	Brennwert der Verbindung	Brennwert der Elemente	Bildungswärme
CO	682	976	+ 294
CH_4	2135	2356	+ 221
C_2H_6	3723	4022	+ 299
C_3H_8	5284	5688	+ 404
C_2H_2	3157	2642	— 515
C_2H_4	3412	8332	— 80
C_3H_6	4993	4998	+ 5

Demnach wird bei der Bildung von Kohlenoxyd, Methan und Äthan aus den Elementen Wärme frei, bei der Bildung von Acetylen und Äthylen werden dagegen erhebliche Wärmemengen gebunden.

Die Explosionsgrenzen von Gas-Luft-Gemischen fand *Clowes*[2] bei 5 bis 72% Wasserstoff oder 13 bis 75% Kohlenoxyd. Nach *P. Eitner*[3] tritt Explosion ein bei Gas-Luft-Mischungen von:

Art des Gases	Prozentgehalt der Mischung an brennb. Gas: Keine Explosion	Explosionsbereich	Keine Explosion
Kohlenoxyd	16,4	16,6 bis 74,8	75,1
Wasserstoff	9,4	9,5 „ 66,3	66,5
Wassergas	12,3	12,5 „ 66,6	66,9
Acetylen	3,2	3,5 „ 52,2	52,4
Leuchtgas	7,8	8,0 „ 19,0	19,2
Äthylen	4,0	4,2 „ 14,5	14,7
Methan	6,0	6,2 „ 12,7	12,9

[1] Entsprechend
$$C_6H_6 + 15\,O = 6\,CO_2 + 3\,H_2O$$
$$C_3H_6 + 9\,O = 3\,CO_2 + 3\,H_2O$$
$$C_2H_4 + 3\,O_2 = 2\,CO_2 + 2\,H_2O$$
$$CH_4 + 2\,O_2 = CO_2 + 2\,H_2O$$
Für je 1 k Wasserdampf werden 600 w abgezogen.

[2] Fischers Jahresber. 1897, 89.

[3] Journ. f. Gasbel. 1902, 1 u. 397; Fischers Jahresber. 1902, 46.

Zusammensetzung der Gasmischungen an den Explosionsgrenzen bei Berücksichtigung des Wasserdampfvolumens.

Art des Gases	Untere Explosionsgrenze			Obere Explosionsgrenze		
	Brennbares Gas %	Luft %	Wasserdampf %	Brennbares Gas %	Luft %	Wasserdampf %
Kohlenoxyd	16,0	80,9	3,1	72,65	24,25	3,1
Wasserstoff	9,25	88,85	1,9	65,1	33,0	1,9
Wassergas	12,1	85,8	2,1	65,4	32,5	2,1
Acetylen	3,25	94,85	1,9	51,3	46,8	1,9
Leuchtgas	7,75	90,65	1,6	18,8	79,6	1,6
Äthylen	4,0	94,1	1,9	14,3	83,8	1,9
Methan	6,0	91,7	2,3	12,5	85,2	2,3

Die Explosionsgrenzen in Gasgemengen bestimmte *N. Teclu*[1] zu:

Gasart	Untere Explosionsgrenze in %	Obere Explosionsgrenze in %
Wasserstoff	9,73 bis 9,96	62,75 bis 63,58
Leuchtgas	4,36 „ 4,82	23,35 „ 23,63
Sumpfgas	3,20 „ 3,67	7,46 „ 7,88
Acetylen	1,53 „ 1,77	57,95 „ 58,65

Die Entzündungstemperatur brennbarer Gasgemische bestimmten *V. Meyer* und *A. Münch*[2]. Knallgas durch ein Rohr geleitet, explodiert bei 620 und 680°, Kohlenoxyd bei 636 bis 814°, Methan bei 656 bis 678°, Leuchtgas bei 647 bis 649°. *Dixon* und *Coward*[3] bestimmten die Temperatur, auf welche ein Gas vorgewärmt werden muß, um beim Zusammentreffen mit Luft oder Sauerstoff von derselben Temperatur sich zu entzünden.

	Entzündungstemperaturen			
	in Sauerstoff		in Luft	
	zwischen	Mittel	zwischen	Mittel
Wasserstoff	580 bis 590°	585°	580 bis 590°	585°
Kohlenoxyd	637 „ 658°	650°	644 „ 658°	651°
Äthylen	500 „ 519°	510°	542 „ 547°	543°
Acetylen	416 „ 440°	428°	406 „ 440°	429°
Schwefelwasserstoff	220 „ 235°	227°	346 „ 379°	364°
Methan	556 „ 700°	—	650 „ 750°	—

G. Falk[4] erzeugte die Entzündungstemperatur von Gasgemischen durch plötzliches Zusammenpressen (adiabatisch), also unter Druck:

[1] Journ. f. prakt. Chemie 1907, 212.

[2] Berichte d. Deutsch. chem. Ges. 1893, 428 u. 2421.

[3] Journ. of Gaslight 1909, 907.

[4] Annalen d. Physik (1907) 24, 449.

Wasserstoff und Sauerstoff	Entzündung[1]	Kohlenoxyd und Sauerstoff	
$4\,H_2 + O_2$	878° abs.	$6\,CO + O_2$	994° abs.
$2\,H_2 + O_2$	813	$4\,CO + O_2$	901
$H_2 + O_2$	787	$2\,CO + O_2$	874
$H_2 + 2\,O_2$	803	$CO + O_2$	904
$H_2 + 4\,O_2$	844		

Wasserstoff-Sauerstoffgemische entzünden sich also viel leichter als Kohlenoxyd. Ferner:

Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff		Kohlenoxyd, Sauerstoff und Stickstoff	
$H_2 + O_2 + N_2$	820° abs.	$2\,CO + O_2 + N_2$	917° abs.
$H_2 + O_2 + 2\,N_2$	851	$2\,CO + O_2 + 2\,N_2$	958
$H_2 + O_2 + 4\,N_2$	910	$CO + O_2 + N_2$	979
$2\,H_2 + O_2 + N_2$	846	$CO + O_2 + 2\,N_2$	1085
$2\,H_2 + O_2 + 4\,N_2$	922	$4\,CO + O_2 + N_2$	925
$H_2 + 2\,O_2 + N_2$	837	$4\,CO + O_2 + 2\,N_2$	940
$H_2 + 2\,O_2 + 4\,N_2$	914		

Wasserstoff, Kohlenoxyd und Sauerstoff	
$H_2 + O_2 + CO$	812° abs.
$H_2 + O_2 + 2\,CO$	851
$H_2 + O_2 + 4\,CO$	898
$2\,H_2 + O_2 + 2\,CO$	877
$2\,H_2 + O_2 + 4\,CO$	938
$H_2 + 2\,O_2 + 2\,CO$	869
$H_2 + 2\,O_2 + 4\,CO$	888
$2\,H_2 + 3\,O_2 + 2\,CO$	825

Fonseca[2] hat für Knallgase aus verschiedenen brennbaren Gasen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dadurch bestimmt, daß er die Strömungsgeschwindigkeit des Gasstrahles berechnete, bei welcher die Flamme gerade auf der Ausströmungsöffnung aufsitzt. Er fand für

$2\,H_2 + O_2$	35 m die Sekunde
$2\,CO + O_2$	1,40 ,, ,, ,,
$CH_4 + 2\,O_2$	2,10 ,, ,, ,,

[1] Die Entzündungstemperaturen sind ° abs.; also 878° — 273 = 605° C.

[2] Journ. f. Gasbel. 1902 399; vgl. auch *Nernst:* Theoretische Chemie, 6. Aufl., S. 685.

Rohstoffe für die Herstellung von Kraftgas.

Alle Brennstoffe sind durch Sonnenlicht und Sonnenwärme gebildet. Wird z. B. Zellstoff, der Hauptbestandteil des Holzes, verbrannt:

$$C_6H_{10}O_5 + 6\,O_2 = 6\,CO_2 + 5\,H_2O,$$

so werden für je 1 k Zellstoff 42 hw entwickelt. Umgekehrt müssen zur Bildung von 1 k Zellstoff:

$$6\,CO_2 + 5\,H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\,O_2$$

42 hw gebunden werden, welche die Sonnenstrahlen liefern[1]. Die aus Pflanzen entstandenen Kohlen bilden daher gewaltige Vorräte aufgespeicherter Sonnenenergie, welche vor Millionen von Jahren durch überaus üppigen Pflanzenwuchs gebunden wurden. Die heutige Industrie, ja das ganze heutige Kulturleben wäre undenkbar ohne Verwendung der Kohlen. Dieser Kraft- bzw. Wärme- und Lichtvorrat wird zweifellos täglich geringer und allmählich erschöpft werden[2].

Holz.

Der Wassergehalt des frisch gefällten Holzes beträgt 20 bis 45%. Lufttrockenes Holz enthält 12 bis 20% Wasser. Das Wasser vermindert den Brennwert des Holzes nicht nur dadurch, daß es die gleiche Menge weniger brennbare Stoffe enthält, sondern auch dadurch, daß das Wasser verdampft werden muß. Würde z. B. das unten erwähnte Eichenholz von 4421 w Brennwert mit 30% Wasser verbrannt, so wäre der Brennwert, bezogen auf Wasserdampf von 20°, nur 2914 w; lufttrockenes Holz gibt etwa 3600 w. Brennholz wird nach sog. Raummetern (Stère) verkauft, d. h. nach Kubikmeter Raum, welcher mit Holzscheiten ausgesetzt ist, also einschließlich der Hohlräume; bei Stammholz rechnet man etwa $^3/_4$ Derbgehalt.

Trockenes Holz hat nach Untersuchungen des Verf.[3] folgende Zusammensetzung und Brennwert:

[1] Vgl. Fischers Jahresber. 1888, 17; 1899, 16; 1904, 541. — 1 ha Waldfläche liefert im Durchschnitt jährlich 35 hk Holz, 1 qm also 0,35 k Holz von 1400 w Brennwert. Da der Baumwuchs in etwa 140 Tagen erfolgt, so bindet 1 qm Wald täglich im Durchschnitt 10 w, entsprechend der niedereren Temperatur im Walde als auf öder Fläche.

[2] Allein Deutschland verbraucht von diesem Wärmevorrat in jeder Minute etwa 15 Milliarden Wärmeeinheiten.

[3] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1893, 5; 1899, 5.

		Fichte	Birke	Akazie	Buche	Eiche
Proz. Zusammensetzung	Kohlenstoff	50,1	48,5	49,2	46,6	49,8
	Wasserstoff	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8
	Sauerstoff (+ N)	43,2	45,3	43,1	45,0	44,0
	Asche	0,7	0,3	0,8	0,6	0,4
Brennwert (Wasserdampf a. Verbr.)		4566	4484	4478	4486	4421

Deutschland hat 4 544 800 ha Laubwald und 9 451 069 ha Nadelwald. Aus dem deutschen Wald werden jährlich rund 20 Millionen Festmeter Nutzholz, 18 Millionen Festmeter Brennholz, 10 Millionen Festmeter Reiser- und Wurzelholz, 135 000 Festmeter Eichenrinde und 101 000 Festmeter Weidenrinde gewonnen.

Torf.

Torf findet sich in bauwürdigen Mengen nur in der gemäßigten Zone. In Deutschland finden sich bauwürdige Torflager besonders in den Provinzen Hannover (die Emsmoore umfassen fast 3000 qkm), Schleswig-Holstein, Pommern, Brandenburg, Posen, Preußen, Westfalen, ferner in Oldenburg, Bayern, Württemberg, Baden (vgl. Torfgas). Reich an Torfmooren sind Irland, Schottland, Norwegen und Schweden, das westliche und östliche Rußland, Holland, das nordwestliche Frankreich und ein Teil der Schweiz.

Torf bildet sich durch Zersetzung der verschiedensten Pflanzen in Gegenwart von Wasser bei mittlerer Temperatur. Man unterscheidet: Moos-, Heide-, Schilf-, Gras-, Holztorf; je nach dem Grade seiner Zersetzung und nach der Tiefe der Schichten, aus denen er stammt, bezeichnet man ihn als amorphen Torf, Speck- oder Pechtorf, wenn in den unteren Schichten des Lagers die Zersetzung der Pflanzen bis zur Vernichtung der Struktur vorgeschritten ist, so daß die Schnittfläche des Torfes glänzend erscheint; als Fasertorf, Rasen- oder Moostorf, wenn die Struktur der Pflanzenreste in ihm noch deutlich erkennbar ist.

Die Weltproduktion an Torf wird auf 10 Millionen Tonnen geschätzt; davon liefert Rußland 4 Millionen.

Der Wassergehalt des frischen Torfes beträgt meist 50 bis 70%, der des lufttrockenen meist etwa 20%, der Aschengehalt beträgt 2 bis 30%; Torf mit höherem Aschengehalt lohnt meist nicht mehr die Gewinnung. Auf die älteren Analysen sei verwiesen[1]. Analysen vom Verf.[2] (Nr. 1) und von *H. Minssen*[3] (die übrigen) ergaben für die Trockensubstanz:

[1] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe S. 429 bis 458; Fischers Jahresber. 1898, 6.

[2] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1893, 6.

[3] Mitteil. d. Ver. d. Moorkultur 1908.

	C	H	N	S	Asche	CO_2	O	Brennwert [1]
Gifhorn	56,02	5,57	1,11	—	2,70	—	34,60	4961
Quickborn.	56,07	4,96	1,25	0,27	2,83	—	34,62	5058
Schweiz	51,84	5,04	2,58	0,53	10,30	—	29,71	4647
„	50,87	4,89	2,39	0,77	10,98	—	30,10	4511
„	43,87	4,15	2,34	0,69	24,65	1,42	22,88	3680
Frankfurt a. O. . . .	34,40	3,36	1,92	0,96	38,76	—	20,60	2856
„ . . .	46,20	4,23	2,50	0,80	22,01	—	24,26	3877
Stettin	41,71	3,96	2,70	1,21	28.56	—	21,86	3438

Die besten deutschen Brenntorfe besitzen in der aschenfreien Trockensubstanz einen Heizwert, der rund etwa 5200 w entspricht und nur ganz vereinzelt diesen Wert etwas übersteigt. Bei Berücksichtigung des Aschengehalts solcher Torfe würde die Trockensubstanz der besten deutschen Torfsorten einen Wärmewert von etwa 5000 w zeigen, oder bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 20% von etwa 4000 w.

Braunkohlen.

Die Mineralkohlen sind, entsprechend der Torfbildung, durch langsame Zersetzung verschiedener Pflanzenreste unter Wasser, die Braunkohlen besonders aus ligninhaltigen (Zypressen u. dgl.), die Steinkohlen aus ligninfreien unter Freiwerden von Wärme entstanden[2]. Auf die verschiedenen Theorien hierüber sei verwiesen[3]. Ein anschauliches Bild über die Änderung der Zusammensetzung der Brennstoffe beim Übergang der Pflanzenfaser in fossile Kohlen erhält man, wenn diese (nach Abzug der Asche, des Wassers und Schwefels) auf Atomgewichte bzw. auf C_{100} berechnet wird. Folgende Tabelle zeigt eine Auswahl bekannter Analysen von Holz, Torf und Mineralkohlen (aschenfrei) mit Berechnung[4] der Atomverhältnisse.

	Prozentische Zusammensetzung				Auf 100 Atome C kommen Atome		
	C	H	N	O	H	N	O
Cellulose	44,4	6,2	—	49,4	166,7	—	83,3
Eichenholz	50,0	5,9	0,1	44,0	139,3	0,2	66,0
Torf:							
Grunewald	49,9	6,5	1,2	42,4	156,1	2,0	63,8
Harz	50,9	5,8	0,8	42,5	135,8	1,3	62,8
Moor von Reichswald	63,9	6,5	1,7	27,9	120,8	2,3	32,9

[1] Wasserdampf von 20° als Verbrennungsprodukt.

[2] Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, 130 u. 333; Fischers Jahresber. 1899, 6; 1901, 16; 1907, I, 5.

[3] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 1, S. 564.

[4] Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, 130 u. 333; Fischers Jahresber. 1894, 9; 1899, 6.

	Prozentische Zusammensetzung				Auf 100 Atome C kommen Atome		
	C	H	N	O	H	N	O
Braunkohlen:							
Bauersberg, dunkel Lignit	64,2	5,9	—	29,9	109,5	—	34,9
Aussig, Annaschacht	60,9	5,5	0,6	33,0	107,4	0,9	40,7
Dux, Liptitz, Franziskaschacht . .	73,8	5,6	0,8	19,8	89,6	1,0	20,2
Trifail	70,0	5,0	1,6	23,4	85,5	2,0	25,0
Ossegg, Nelsonschacht, Glanzkohle .	75,6	5,4	0,7	18,3	85,3	0,8	18,2
Uslar	63,0	4,4	1,6	31,0	83,2	2,2	37,0
Leoben, Stückkohle	72,5	4,9	0,8	21,8	80,6	1,0	22,5
Steinkohlen:							
Deister: Bantorf	82,8	5,4	1,6	10,2	77,2	1,7	9,2
Ruhrkohlen:							
Sälzer und Neuack II	88,7	5,0	1,2	5,1	66,7	1,1	4,4
desgl.	87,4	4,8	1,7	6,1	64,7	1,7	5,2
Saarkohlen:							
Heinitz I	85,1	5,6	1,2	8,1	78,3	1,2	7,3
Duttweiler	84,9	5,3	0,6	9,2	73,9	0,6	8,1
Sächsische Kohlen:							
Burgk (Plauenscher Grund) I . . .	73,4	4,3	0,2	22,1	69,4	0,3	22,5
„ „ „ II . . .	87,0	4,9	0,5	7,6	67,2	0,5	6,6
Schlesien:							
Neurode	82,7	5,2	0,8	11,3	75,5	0,8	10,2
Waldenburg, Nußkohle	85,0	4,9	1,1	1,0	67,5	1,1	9,0
Brandenburggrube bei Ruda, Oberbank . .	82,6	5,0	1,0	11,4	71,6	1,0	10,4
Brandenburggrube bei Ruda, Unterbank . .	84,0	5,2	0,7	10,1	73,9	0,7	9,0
Westfälische Kohlen:							
Hansa	86,5	5,6	1,7	6,2	77,6	1,7	5,4
Unser Fritz	85,9	5,5	1,6	7,0	75,6	1,6	6,1
desgl.	80,7	4,9	1,3	13,1	73,5	1,4	12,2
Anthracite:							
Wales, Ponticats	93,0	3,2	0,9	2,9	40,6	0,9	2,3
Gückelsberg, Sachsen	86,3	2,8	0,03	10,9	38,4	0,03	9,5
Piesberger Förderkohlen	95,3	1,9	0,5	2,3	23,8	0,5	1,8

Auf die älteren Analysen[1] sei verwiesen. *Ulzer*[2] fand für österreichische Braunkohlen:

	I	II	III	IV	V	VI
Kohlenstoff	50,07	38,85	37,19	38,58	35,36	35,05
Wasserstoff	3,75	2,69	2,21	2,93	2,60	2,44
Sauerstoff + Stickstoff	13,31	14,37	13,79	13,51	14,98	15,11
Schwefel	0,88	0,33	0,31	0,30	0,34	0,34
Asche	5,17	5,93	4,80	3,55	5,69	7,24
Wasser	26,82	37,83	41,70	41,13	41,03	39,82
Brennwert. . . . . w	4735	3480	3309	3407	3202	3180

[1] *Fischer:* Die Brennstoffe Deutschlands und der übrigen Länder der Erde; Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 1, S. 425, 438, 502 bis 531.

[2] M. techn. Gewerb. Wien 1906, 119.

Einige Braunkohlen, besonders in Bosnien, enthalten bis 9% Schwefel[1]. Für hessische Braunkohlen fand *Mohr*[2]:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Schwefel	Sauerstoff Stickstoff	Wasser	Asche	Reinkohle			Brennwert der Rohkohle
							Kohlenstoff	Wasserstoff	Schwefel	
Hirschberg . . .	32,08	2,64	1,06	12,17	46,20	5,85	66,90	5,51	2,21	2785
Wilhelmshöh . .	32,75	2,64	1,16	11,11	45,83	6,51	68,72	5,53	2,43	2785
Gensungen . . .	32,66	2,88	1,82	11,00	40,70	10,94	67,54	5,95	3,77	2878
Ihringhausen . .	31,69	2,66	2,52	8,38	45,53	9,22	70,03	5,87	5,43	2758
„ Brikett	48,03	4,41	3,63	13,20	15,88	14,85	69,33	6,37	5,24	4533
„ „	31,09	2,91	2,04	8,67	46,45	8,84	69,55	6,50	4,55	2706

Die Braunkohlen unterscheidet man je nach dem Zersetzungsgrad in 1. Lignit, hellbraune faserige Braunkohle mit noch deutlicher Holzstruktur; 2. erdige Braunkohle, braune erdige Masse, teils in Stücken, teils zerfallen; 3. Pechkohle, schwarz mit muschligem Bruch. Außer in Deutschland und Österreich ist die Braunkohle nur sehr wenig verbreitet.

Gräfe[3] hat aus trockener Braunkohle das Bitumen mit Benzol, die Huminsäure mit Pyridin ausgezogen; die Kohle enthielt 17,8% Bitumen und 7,5% Huminsäure. Die Huminsäure enthielt 1,7% Schwefel. Schwelkohle enthält nach *Hübner*[4] Verbindungen der allgemeinen Formel $C_nH_{2n}O$, welche sich an der Bildung der Paraffine beteiligen. Aus dem in Benzol unlöslichen Teil der Schwelkohle wurde Huminsäure abgeschieden, welche 8,4% Schwefel enthielt.

Da die Braunkohlengruben meist nur 15 bis 25% Stückkohlen liefern, die Feinkohle aber nur für die nächste Umgebung der Grube in Frage kommt, so mischte man schon von alters her, besonders in der Provinz Sachsen, einen Teil dieser abfallenden Klarkohlen mit Wasser, zuweilen auch unter Zusatz von etwas Lehm, und formte sie mit der Hand zu ziegelsteinähnlichen Stücken (Braunkohlenziegel) oder in der Rheinprovinz zu blumentopfähnlichen sog. „Klüten". Allmählich ging man zum Maschinenbetrieb über, indem man das Braunkohlenklein in Ziegelmaschinen formte und an der Luft trocknete. Diese Naßpreßsteine sind aber noch mangelhaft. Wertvoller sind die sog. Darrpreßkohlen oder Briketts. Die Kohle wird zunächst bis auf etwa 15% Wassergehalt getrocknet, dann gepreßt. Zum Trocknen werden besonders Dampftelleröfen verwendet, ferner Röhrentrockenöfen[5]. — Kaumazit ist entgaste Braunkohle.

[1] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1896, 7; 1900, 5.
[2] Wochenschr. f. Brauerei 1908, 449.
[3] Braunkohle 1906, 241.
[4] Archiv d. Pharmazie 1906, 13.
[5] Vgl. *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 5 bis 38.

Steinkohlen.

Von Steinkohlenanalysen[1] mögen folgende als Beispiele dienen:

Steinkohle	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser
Ruhrkohlen:							
Sälzer u. Neuack, I	79,63	4,08	1,22	4,43	0,88	6,76	3,00
Hansa	80,18	5,29	0,61	8,10	0,52	4,22	1,08
Germania	80,91	3,11	0,91	7,14	0,51	7,42	—
Unser Fritz I . . .	76,36	4,39	1,69	8,15	1,42	8,05	—
„ „ II . . .	83,15	4,84	1,32	8,74	0,42	1,53	—
Deister	67,41	4,37	1,36	8,28	2,34	16,24	—

Analysen oberschlesischer Kohlen ergaben nach *Geisenheimer*[2]:

Zusammensetzung der ursprünglichen Kohle						Gesamt-Schwefel	Verbrennlicher Schwefel	Brennwert
Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Wasser	Asche			
77,30	3,76	5,70	1,31	1,68	10,17	1,03	0,71	7154
71,10	3,84	5,68	1,48	1,92	15,38	1,42	1,37	6737
82,24	3,84	4,99	1,55	1,64	6,24	0,99	0,77	7622
79,34	3,89	5,57	1,35	1,65	8,20	1,29	0,54	7383
80,57	3,96	2,65	1,37	1,69	9,76	0,86	0,54	7583
84,31	4,25	3,76	1,54	1,94	4,20	1,11	1,03	7939
86,19	4,17	3,99	1,40	1,64	2,61	0,72	0,55	8049
84,89	4,15	2,10	1,36	1,56	5,94	0,59	0,35	7997

Da ferner die Zusammensetzung der Kohlen einer Grube, ja selbst desselben Flözes schwanken kann, wie Verf.[3] zeigte, so ist auch der Wert der Steinkohle sehr verschieden, indem der Brennwert zwischen 6000 und 8000 w schwankt.

Als **Anthrazite** bezeichnet man tiefschwarze Steinkohlen, welche wegen des geringen Gehaltes an Wasserstoff mit sehr wenig leuchtender kurzer Flamme brennen und nicht im Feuer erweichen; folgende Analysen als Beispiele:

Anthrazite	Kohlenstoff	Wassserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser
Piesberg	75,41	1,51	0,42	1,82	4,14	16,70	—
Wales:							
Ponticats	91,16	3,11	0,91	2,74	0,86	1,12	—
Timber Flöz	93,00	3,08	0,54	1,67	0,68	1,03	—
Jones & Co.	91,44	3,46	0,21	2,58	0,79	1,52	—
Böhmen	88,90	2,91	2,10		1,49	2,80	1,80

[1] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 1, S. 456; Die Brennstoffe Deutschlands S. 93.

[2] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1906, 15.

[3] Fischers Jahresber. 1894, 5.

Der Schwefel ist in der Kohle teils in organischer Verbindung, teils als Sulfid (Schwefelkies), zu geringerem Teil als Sulfat vorhanden. Analysen des Verf.[1] ergaben folgende Verteilung des Schwefels in Kohlen (wasserfrei):

	Hohenlohe Ober-Schlesien	Hardenberg Wesftalen	Dorsfeld	Margarethe	Schürbank	Anthrazit Ludwig
Kohlenstoff	79,94	81,47	80,01	86,94	85,77	88,45
Wasserstoff	4,23	4,57	4,65	3,85	3,67	3,50
Stickstoff	1,39	1,50	1,49	1,49	1,47	1,30
Sauerstoff	11,11	7,90	10,70	2,08	1,83	1,75
Asche	1,90	2,70	2,90	3,50	4,50	3,30
Schwefel, flüchtig	1,43	1,86	1,65	2,14	2,74	1,70
„ in der Asche	0,07	0,02	0,03	0,02	0,09	0,05
„ gesamt	1,50	1,88	1,68	2,16	2,83	1,75
„ als Sulfid	0,24	0,46	1,26	0,65	1,64	1,28
„ organisch	1,26	1,42	0,42	1,51	1,19	0,47

Da die Steinkohle nicht nur aus der Cellulose der Pflanzen, sondern auch aus deren Saftbestandteilen (denen der organische Schwefel und Stickstoff entstammt) unter den verschiedensten Einflüssen entstanden ist, so haben wir in der Kohle (wie im Teer) zweifellos eine sehr große Anzahl der verschiedensten Verbindungen in den verschiedensten Mengenverhältnissen.

Die aus den Steinkohlenflözen entweichenden Gase, welche die schlagenden Wetter bilden, bestehen aus fast reinem Methan, welches meist mit Stickstoff mehr oder weniger verdünnt ist; letzterer entstammt der atmosphärischen Luft, deren Sauerstoff von der Kohle gebunden ist[2]. Nach 652 Analysen des fiskalischen Laboratoriums in Saarbrücken[3] lieferten 23 Gruben mit einer Gesamtförderung von jährlich 5,7 Millionen Tonnen Kohlen 62 Millionen Kubikmeter Methan. Die Grube Serlo liefert z. B. für jede Tonne Steinkohlenförderung 61 cbm Methan. Nach Untersuchungen i. J. 1887 und 1895 lieferten Ostrau-Karwiner Kohlengruben für jede Tonne Kohlenförderung sogar bis 126 cbm Methan. Nach *Mayer*[4] übersteigt bei gasreichen Ostrauer Gruben der Wert der Grubengase den der geförderten Kohlen. *Behrens*[5] berechnet den Wert der auf Zeche Hibernia entweichenden Grubengase auf jährlich 3 Millionen Mark. Auf Zeche Hansa wird Grubengas durch Röhren abgeleitet und zur Beleuchtung verwendet[6].

In den wichtigsten kohlenführenden Staaten betrug die Kohlenförderung in Millionen Tonnen (1 t = 1000 k):

[1] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1899, 13 bis 19.
[2] Vgl. *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 1, S. 559.
[3] Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. 1895, 206.
[4] Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1897, 43.
[5] *Behrens:* Schlagwetterfrage (Essen 1896).
[6] Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. 1901, 328.

	Steinkohle								
	1850	1860	1870	1880	1890	1895	1900	1905	1908
Deutschland . . .	5	14	26	47	70	80	109	121	149
Österreich	1	2	4	6	9	10	11	13	14
Belgien	6	10	14	17	20	19	23	23	—
Frankreich	4	8	13	19	25	28	33	34	37
Rußland	—	—	1	3	6	8	13	17	25
Großbritannien . .	46	86	112	149	184	192	229	236	267 tons
Vereinigte Staaten von Amerika . .	6	15	36	65	140	172	249	351	333

	Braunkohle						
	1860	1880	1890	1895	1900	1905	1908
Deutschland	5	12	19	28	40	53	67
Österreich	2	9	15	18	22	27	27
Frankreich	—	—	—	—	3/4	—	3/4

Der Wert der Steinkohlenförderung Deutschlands war 1908 1522 Millionen, der der Braunkohlen 181 Millionen Mark.

Kohlenlagerung. Die Aufspeicherung großer Kohlenvorräte, um bei Arbeitseinstellungen und sonstigen Zeiten des Mangels Ersatz zu haben, wird oft sehr erschwert durch die eintretenden Lagerungsverluste und die Neigung zur Selbstentzündung vieler Kohlen[1].

Daß Kohlen durch Lagern an der Luft mehr oder weniger rasch an Wert verlieren, ist allgemein bekannt. Über die Größe dieses Verlustes und die Möglichkeit, diesen zu vermindern, herrschen noch vielfach unklare Ansichten. So behauptet noch *H. Pohmer*[2], der zur Oxydation der Kohle erforderliche Sauerstoff sei in der Kohle bereits enthalten, was unmöglich ist.

Von Braunkohlen ließ *Thede*[3] zwei Kohlenkegel aufschütten von je 135 hl Inhalt, einen von Schwelkohle und einen von Feuerkohle. Die Kohlen wurden grubenfeucht geschüttet und lagerten unter den gleichen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen. Innerhalb 5 Monaten fiel die Teerausbeute der Schwelkohle von 7 auf 3,5%, der Aschengehalt stieg von 10 auf 14%, die Teerausbeute der Feuerkohle fiel nur von 4,5 auf 3%

Nach Versuchen von *Fessenden* unterliegt Klarkohle in viel höherem Maße der langsamen Oxydation als gröbere Kohle. Der Verlust durch langsame Verbrennung konnte in 3 Monaten etwa 20% betragen. Daß feuchte

[1] Vgl. *Fischer:* Die Brennstoffe Deutschlands, S. 92. — Durch Selbstentzündung von Braunkohlenpreßkohlen kamen in den Jahren 1902 und 1903 allein im Polizeibezirk Berlin 149 Brandfälle vor.

[2] Journ. f. Gasbel. 1907, 929.

[3] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1893, 56.

Kohle viel eher geneigt ist, sich selbst zu erhitzen, ist schon vielfach festgestellt worden. *Graefe* hatte Gelegenheit, an einer großen Kohlenhalde von sehr feinkörniger Kohle festzustellen, daß stets an den durchnäßten Stellen eine weit höhere Temperatur herrschte als an trockenen. Die Temperatursteigerung betrug an manchen Stellen etwa 30 bis 40° über der Außentemperatur[1]. Nach *Erdmann* ist die Wärmeentwicklung beim Überleiten ozonisierten Sauerstoffs von sehr mäßigem Ozongehalt über feuchte Braunkohle so intensiv, daß sie mit Leichtigkeit bis zur Selbstentzündung der Kohle gesteigert werden kann. Demnach sind es die ungesättigten Bestandteile der Kohle (Huminsäuren), welche ihre Verwitterung und gelegentliche Selbstentzündung bedingen.

Für Steinkohlen werden 5 bis 25% Lagerungsverlust angegeben[2]; letztere Angaben sind wohl zu hoch. Neuere Versuche in Waghäusel ergaben nach *Heinze*[3]:

Kohlensorte	Versuchsreihe		Brennwert der Kohle w
	Nr.	Datum	
Ruhr-Flammkohle . . .	I	Juli 1900	6825
	II	März 1901	6627
	III	März 1902	6438
Ruhr-Nußkohle	I	Juli 1900	7801
	II	März 1901	7504
	III	März 1902	7524
Itzenplitz-Stückkohle . .	I	Juli 1900	6934
	II	März 1901	6695
	III	März 1902	6497
Frankenholz-Nußkohle .	I	Juli 1900	7284
	II	März 1901	6892
	III	März 1902	6825

Der Brennwert nimmt also anfangs rasch ab, dann langsamer. Auf der Gasanstalt in Köln ergab die Untersuchung der Kohlen[4] vor und nach $1^1/_2$jähriger Lagerung im Freien:

	Wasser	Asche	Brennwert
Vor dem Lagern . . .	3,05%	11,07%	6984 w
Nach „ „ . . .	2,26%	12,81%	6603 w

Beim Lagern der Kohlen im Freien nimmt meist der Wassergehalt zu, während die Ausbeute an Leuchtgas, Ammoniak und Cyan abnimmt. Nach *H. Wolffram*[5] lieferte englische Kohle auf der Gasanstalt in Königsberg:

[1] Braunkohle 1908, 461.

[2] Fischers Jahresber. 1907, 7; 1908, 18; 1909, 14; vgl. Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, 564 u. 764.

[3] Centralbl. f. Zucker 1904, 1003.

[4] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1905, 68.

[5] Journ. f. Gasbel. 1906, 433.

Datum	Wassergehalt der Kohle in %	Wassergas im Mischgas in %	Mischgas aus 100 k Kohle nach Abzug des Wassergehalts in cbm	Kohlengas aus 100 k Kohle nach Abzug des Wassergehalts in cbm	Ammoniakgehalt in 100 cbm Mischgas in g	Ammoniakgehalt in 100 cbm Kohlengas in g	Aus 100 k Kohle nach Abzug des Wassergehalts g NH_3
			Kohle 1904 vom Dampfer.				
5. August . .	2,05	9,22	33,23	30,71	656	723	218
9. ,, . .	2,39	17,50	38,14	31,47	591	716	225
15. ,, . .	2,09	23,82	38,40	29,25	571	750	219
23. ,, . .	2,69	21,47	37,14	29,20	612	779	227
29. ,, . .	2,19	13,10	35,92	31,22	596	686	214
28. Oktober . .	2,16	18,68	36,40	29,60	605	744	220
			Kohle 1904 vom Lager.				
1. November .	4,00	19,25	37,74	30,47	579	717	218
11. ,, .	5,62	14,94	34,06	28,97	609	716	207
22. ,, .	6,04	13,83	34,70	29,90	606	703	210
20. Dezember .	6,21	11,69	32,69	28,87	518	586	169
7. Januar . .	5,48	20,24	34,33	27,38	403	505	138
25. ,, . .	5,80	18,33	32,61	26,64	338	414	110
3. Februar . .	9,18	22,37	33,92	26,33	328	423	111
16. ,, . . .	5,98	16,96	32,93	27,35	319	384	105
3. März . . .	7,07	20,87	34,69	27,45	285	360	99
13. ,, . . .	4,38	18,93	33,65	27,28	310	383	104

Grundmann beobachtete bei einjähriger Lagerung bis 17% Verlust an Gasausbeute. Auch Kokereikohlen verlieren beim Aufbewahren wesentlich an Wert[1].

Besonders in großen Kohlenlagern und auf Schiffen tritt nicht selten Selbstentzündung der Kohlen ein. Auf die älteren Arbeiten darüber sei verwiesen[2]. Eine Umfrage von *Göhren*[3] bei 233 Gasanstalten und sonstigen Werken mit großen Kohlenlagern ergab:

Kohlensorten	Zahl der		Selbstentzündung			Schutthöhe für Gaskohlen			Schutthöhe für Kesselkohlen		
	Gaskohlen	Kesselkohlen	Gaskohlen	Kesselkohlen	davon versich. W.	größte	mittlere	niederste	größte	mittlere	niederste
						m	m	m	m	m	m
Westfalen . . .	63	69	17	—	7	4,5	3,18	1,5	3,5	2,50	1
Saar	42	7	—	—	—	7	4,60	1,5	3	2,86	1,5
Sachsen . . .	8	7	—	—	—	5	3,86	2	3	1,81	1
Schlesien . . .	17	14	1	—	—	6	3,43	1	3	2,43	1
England . . .	17	8	12	—	7	6	4,50	2	4	3,38	1
Mähren	5	1	—	—	—	4	3,4	2,5	2,5	2,5	2,5
Böhmen . . .	1	5	—	2	—	2,5	2,5	2,5	3	2,4	2
Belgien	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—
Verschiedene .	34	5	3	3	3	—	—	—	—	—	—
Summe	188		34	5	18						

[1] Stahl u. Eisen 1907, 358.

[2] Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, 564; *Fischer:* Die Brennstoffe Deutschlands, S. 92.

[3] Journ. f. Gasbel. 1900, 905; Fischers Jahresber. 1900, 8.

Als Ursachen der Selbstentzündung werden angegeben:

12 Werke	Nasse Kohlen.
3 „	Staubförmige Kohlen.
2 „	Staubförmige und nasse Kohlen.
1 „	Schwefelhaltige Kohlen.
3 „	Nasse und schwefelhaltige Kohlen.
2 „	Durch Entlüftungskanäle.
4 „	Wärme des Schornsteinkanales.
1 „	Wärme der Dampfleitung.

Dennstedt[1] sieht den in den organischen Lösungsmitteln unlöslichen Bestandteil der Steinkohle als die eigentliche, wahrscheinlich aus der Cellulose des ursprünglichen Holzes entstandene Kohlensubstanz an; sie liefert durch weitere Oxydation die Humussäuren und bewirkt die Selbstentzündlichkeit. Sie enthält vornehmlich die ungesättigten Verbindungen. — Nach *Potter*[2] verdankt die Kohlensäure in Steinkohlenlagern nicht einer Autooxydation der Kohle[3], sondern bakterieller Oxydation ihre Entstehung, da die Kohlensäurebildung durch alle das Leben der Bakterien begünstigenden Umstände erhöht, durch schädigende Einflüsse, Trockenheit, Behandlung mit Antisepticis, Einhalten von supravitalen Temperaturen geschädigt bzw. vollkommen unterdrückt wird. *Potter* will auf diese bakterielle Zersetzung den Lagerungsverlust und die Selbstentzündung der Kohle zurückführen, was bestritten werden muß.

Nach den Untersuchungen des Verf.[4] enthalten die Steinkohlen größere oder geringere Mengen ungesättigter Verbindungen, welche rasch Sauerstoff aufnehmen, dadurch an Gewicht zunehmen, aber an Brennwert und Verkokbarkeit abnehmen. Je rascher diese Sauerstoffaufnahme erfolgt, um so mehr ist bei der Lagerung darauf zu achten, daß die entwickelte Wärme zweckentsprechend abgeführt wird, da mit steigender Temperatur die Geschwindigkeit der Oxydation wesentlich zunimmt, die Gefahr der Selbstentzündung daher wächst. — Eine zweite Reihe von Verbindungen nimmt Sauerstoff auf unter Abspaltung von Kohlensäure und Wasser. Diese Oxydation, welche langsamer verläuft als die vorige, bewirkt Verminderung des Gewichtes und des Wertes der Kohle. Für die Selbstentzündung werden diese Bestandteile der Kohle viel weniger in Frage kommen als die ungesättigten. — Je nach den gegenseitigen Mengenverhältnissen dieser Verbindungen wird daher eine Kohle beim Lagern an der Luft an Gewicht zunehmen, unverändert bleiben oder an Gewicht abnehmen, immer aber wird sie mehr oder weniger an Wert verlieren.

Zur Entzündung der Kohlen ist bekanntlich erforderlich, daß sie in Gegenwart von Sauerstoff auf die Entzündungstemperatur ge-

[1] Zeitschr. f. angew. Chemie 1908, 1827; Fischers Jahresber. 1908, 18.

[2] Zeitschr. f. Bakt. 1908, 647.

[3] *C. Engler* und *J. Weißberg:* Kritische Studien über die Vorgänge der Autoxydation (Braunschweig 1904), S. 70.

[4] Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, 564. 764 u. 787.

bracht werden. Wird daher durch Kohle so viel Luft geleitet, daß die bei der Oxydation freiwerdende Wärme abgeführt und so die Erwärmung der Kohle bis zur Entzündungstemperatur verhütet wird, so wird eine solche Lüftung die Selbstentzündung verhüten[1]. Wo dieses aber nicht zuverlässig geschehen kann, ist die künstliche Ventilation der gelagerten Kohlen immer bedenklich, weil oft die Selbstentzündung dadurch wesentlich begünstigt wird. Jedenfalls wird dadurch der Lagerungsverlust vergrößert.

Das sicherste Mittel wäre natürlich die völlige Abschließung des Sauerstoffs. Diss & Co. empfahlen bereits Kohlen in zementierten Behältern unter Wasser aufzubewahren. In Amerika und neuerdings auch in Deutschland will man große Kohlenvorräte unter Wasser aufbewahren. Das Verfahren ist viel weniger bequem als die trockne Aufbewahrung, meist auch teurer; die Verwendung der nassen Kohlen ist in den meisten Fällen unvorteilhaft.

Auf ein Preisausschreiben von *Rademacher* in Bremen 1890 liefen 29 Vorschläge ein über Mittel zur Verhütung der Selbstentzündung von Kohlenladungen auf Seeschiffen[2]. Zwei wollen im Laderaum des Schiffes ein Vakuum herstellen (was nicht ausführbar ist), neun wollen die Kohlen durch Überzüge oder Bespritzen und Vermischen mit Lehm, Zement, Chlormagnesium, staubförmigem Kalkhydrat, Essigsäure, Salmiak, palmitinsaurer Tonerde, Carnallit und Eis vor Selbstentzündung schützen. Zwölf Vorschläge wollen Dampf, Verbrennungsgase, Kohlensäure u. dgl. durch die Kohlen saugen oder hindurchtreiben, andere wollen Luft durch oder über die Kohlen leiten, drei wollen flüssige Kohlensäure einführen; davon will *M. Stange* die Flaschen mit flüssiger Kohlensäure, deren Ventil mit Lippowitz-Legierung geschlossen ist, in die Kohlen einlagern (der Vorschlag ist nicht neu). Keiner dieser Vorschläge fand den Beifall der Kommission.

Flüssige Kohlensäure zum Löschen von Kohlenbränden wurde schon vor etwa 30 Jahren im Bez.-Ver. deutscher Ingenieure in Hannover besprochen, als *Raydt* seine ersten Mitteilungen über flüssige Kohlensäure machte. Neuerdings wird sie besonders von *Cario*[3] und *Heidepriem*[4] empfohlen. *V. B. Lewes*[5] empfiehlt, kleine Zylinder mit flüssiger Kohlensäure beim Verladen der Kohle mit einzulegen. An das Ventil wird ein mit einer Blei-Zinn-Wismut-Cadmium-Legierung verschlossener Ansatz angeschraubt. Bei steigender Temperatur in der Kohle schmilzt der Verschluß und die Kohlensäure tritt aus. Der Vorschlag ist also durchaus nicht neu und könnte höchstens für Schiffe in Frage kommen. Die Annahme von *Herzfeld*[6], daß durch Einwirkung der Kohlensäure auf die Kohle Wärmeentwicklung stattfinden könnte, ist irrtümlich.

[1] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1909, 14.
[2] Marine-Rundschau 1903, 1248.
[3] Zeitschr. d. Vereins d. d. Zuckerind. 1905, 797.
[4] Zeitschr. d. bayer. Revisionsvereins 1906, 67.
[5] Engl. Mining Journ. 1906, 82, S. 65.
[6] Zeitschr. d. Vereins d. d. Zuckerind. 1905, 805.

Die Kohlen verhalten sich beim Lagern offenbar sehr verschieden. Es gibt Kohlen, welche sich an der Luft praktisch gar nicht verändern, welche daher ganz beliebig gelagert werden können, ohne nennenswerte Lagerungsverluste oder irgendwelche Neigung zur Selbstentzündung zu zeigen. Andere Kohlen verändern sich langsam, andere schnell, manche so rasch, daß sie nur mit großer Vorsicht gelagert werden können. Die Schütthöhe kann daher sehr verschieden sein; manche Kohlen können ohne Nachteil 10 bis 15 m hoch aufgeschüttet werden, andere zeigen schon bei 2 m Neigung zur Selbsterhitzung. Unbekannte Kohlen sind daher besonders vorsichtig zu behandeln.

Eine Kohle ist im allgemeinen mit Vorsicht zu behandeln, wenn nach 5 Minuten langem Schütteln von 1 g der feingepulverten und in 20 cc verdünnter Salzsäure suspendierten Kohle mit 20 cc einer Kaliumbromid und Kaliumbromat enthaltenden Lösung kein Geruch nach freiem Brom mehr wahrzunehmen ist. Die Konzentration der letzteren an Kaliumbromid und Kaliumbromat wird so gewählt, daß 1 cc der Lösung bei Zugabe zu der verdünnten Säure nach der Reaktionsgleichung

$$5\,KBr + KBrO_3 + 6\,HCl = 6\,KCl + 6\,Br + 3\,H_2O$$

0,04 g elementares Brom liefert[1]. — *Habermann*[2] bestätigt dies für Steinkohle, *Döring*[3] für Braunkohle. — *Medem*[4], *Hart*[5] und *Dennstedt*[6] bestimmen statt dessen die Jodzahl.

Kohlen sollten möglichst trocken, also unter Dach aufbewahrt werden[7]; auch Nässe von unten ist zu vermeiden. Holzteile müssen, soweit sie mit den Kohlen in Berührung kommen, durch Verputz oder Mauerwerk geschützt werden. Lüftung der Kohlen ist bedenklich; bei Schiffen ist nur die Lüftung der Oberfläche des Kohlenlagers empfehlenswert, um Methan u. dgl. abzuführen. Da Wärme die Sauerstoffaufnahme beschleunigt, so ist Erwärmung durch benachbarte Feuerungen, Dampfrohre u. dgl. zu vermeiden. Nasse Kohlen sind erst in dünner Schicht auf den Kohlenhaufen auszubreiten. Die Temperatur der Kohlenhaufen ist regelmäßig zu bestimmen. In empirischer Weise kann dieses dadurch geschehen, daß eine Eisenstange eingetrieben und nach dem Herausziehen mit der Hand befühlt wird. Besser ist es, ein gelochtes Eisenrohr einzutreiben und in dieses das Thermometer einzulassen; durch dasselbe Rohr können auch Gasproben zur Untersuchung genommen werden. Steigerung der Temperatur (und der Kohlensäure) mahnt zur Vorsicht; bei 80 bis 100° oder gar beim Eintritt eines Brandes muß die Kohle ausgebreitet werden.

Will man größere Schütthöhen anwenden, so empfiehlt es sich, die Kohlen dadurch kühl zu halten, daß in 4 bis 6 m Entfernung senkrechte

---

[1] Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, 564, 764 u. 787; Fischers Jahresber. 1899, 17.
[2] Journ. f. Gasbel. 1906, 419.
[3] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1908, 13.
[4] Greifswalder Ztg. 1904, Nr. 202.
[5] Chem.-Ztg. 1906, 1204.
[6] Zeitschr. f. angew. Chemie 1908, 1060 u. 1827.
[7] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1909, 16.

Eisenrohre eingesetzt werden (welche gleichzeitig das Dach tragen können), welche so auf einem bedeckten Kanale stehen, daß die Außenluft frei durchstreichen kann, ohne mit den Kohlen in Berührung zu kommen, wie dieses ähnlich schon mehrfach vorgeschlagen wurde. Für ganz große Vorräte wären u. U. aus Eisenplatten hergestellte Doppelwände in 5 bis 10 m Entfernung zu empfehlen. Eine entsprechende Einrichtung beschreibt *C. Meier*[1]. Durch die Luft in den Zwischenräumen wird die Wärme abgeleitet und bei etwaigem Brande wird nur die Kohle einer Abteilung betroffen, welche leicht entfernt werden kann (Fig. 7). Praktisch sind auch die aus Eisenbeton hergestellten Kohlenspeicher (Fig. 8 u. 9) von *Rank*[2].

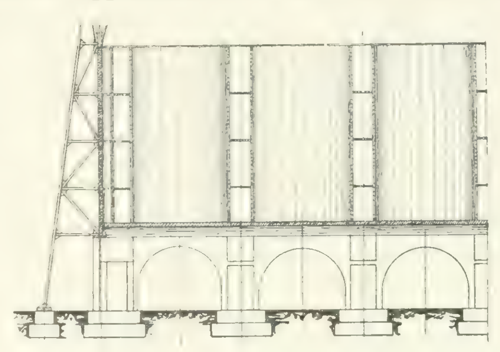


Fig. 7.

A. Klönne (D. R. P. Nr. 219 395) schlägt neuerdings vor, die Kohlen in runden eisernen Kesseln aufzubewahren, aus denen die Luft vorher durch sauerstoffarme Verbrennungsgase u. dgl. entfernt ist. — Verf. hält es für vorteilhafter, die Kessel kantig, etwa wie Bienenzellen zu formen und diese schräg zu stellen, damit beim Einfüllen die Kohlen nicht zerschlagen werden.

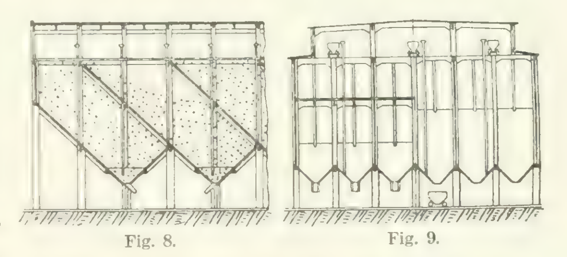


Fig. 8. Fig. 9.

Mit Pech als Bindemittel hergestellte Steinkohlenbriketts können nach vollständiger Abkühlung unbedenklich aufgeschichtet werden, eignen sich daher besonders für sog. „eisernen Bestand". Braunkohlenbriketts neigen zuweilen zur Selbstentzündung[3].

[1] Journ. f. Gasbel. 1908, 1068.
[2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, 726.
[3] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1894, 15.

Entgasung.

Werden die S. 22 bis 36 besprochenen Brennstoffe unter Abschluß der Luft erhitzt, so werden sie entgast, der Rückstand (Holz- und Torfkohle, Koks) wird bei ungenügendem Luftzutritt vergast; bei genügendem Luftzutritt werden die Brennstoffe verbrannt.

Holzentgasung.

E. Börnstein[1] beobachtete beim Erhitzen von 1 k Kiefernholz die erste Abspaltung von Gas (noch nicht brennbar) bei 165°, von Wasser bei 180°, von brennbarem Gase bei 280°, des ersten Teers gegen 300°, von Schwefelverbindungen bei etwa 280°. Auf je 1 k Holz wurde im Durchschnitt aufgefangen:

	Wasser in g	Teer in g	Gase in l	Schwefelverb. in g
bis 250°	65	—	6,1	
250 „ 300°	65,3	4,9	11,1	
300 „ 350°	145,7	32,3	41	1,3
350 „ 400°	71,2	24	29,2	
400 „ 450°	20,9	20,6	29,2	

Dem äußeren Ansehen nach waren die festen Rückstände in der Retorte nach der Erhitzung: auf 250° nur äußerlich etwas stärker gelb gefärbt, auf dem Bruche unverändert, langsplitterig brechend; bis 300° hellbraun, auf dem Bruche etwas blasser, kurzsplitterig brechend; bis 350° dunkelbraun, kurz abbrechend; bis 400° braunschwarz, leicht bröckelig, pulvernd; bis 450° tiefschwarze, schreibende Kohle.

Die Zusammensetzung der asche- und wasserfreien Substanzen war:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 400° erh.	bis 450° erh.
Kohlenstoff	50,42	52,08	56,35	66,70	71,15	92,13
Wasserstoff	6,70	6,42	5,82	5,75	4,59	3,88
Stickstoff	0,65	0,27	0,39	0,28	0,44	0,39
Sauerstoff	42,15	41,23	37,44	27,27	17,82	3,60
Schwefel	0,08	—	—	—	—	—
Feuchtigkeit	3,21	6,92	4,32	2,79	2,84	3,06

Besser vergleichbare Zahlen für die relative Menge der einzelnen Elemente ergeben sich nach *Börnstein*, wenn man, einem ursprünglich für Steinkohlen gemachten Vorschlage *F. Fischers*[2] folgend, Atomgewichte statt der Prozent-

[1] Journ. f. Gasbel. 1906, Sonderabdr.

[2] Zeitschr. f. angew. Chemie 1894, 605.

zahlen zugrunde legt und alles auf 100 Atome Kohlenstoff verrechnet (vgl. S. 24). Dann findet man auf je 100 Atome Kohlenstoff:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 400° erh.	bis 450° erh.
Atome Wasserstoff	159,5	147,9	123,9	103,4	71,4	50,4
„ Stickstoff	1,1	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4
„ Sauerstoff	62,8	59,4	49,8	30,7	17,3	2,9

Wenn man dagegen von den Durchschnittszahlen für die Gewichte der flüchtigen Bestandteile ausgeht und die Zusammensetzung der Kesselrückstände auf je 100 Teile ursprünglich vorhandenen wasser- und aschefreien Holzes bezieht, ergeben sich als flüchtige bzw. beständige Anteile der einzelnen Elemente folgende Zahlen:

	bis 250°		bis 300°		bis 350°		bis 400°		bis 450°	
	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig
Kohlenstoff	0,8	49,6	1,3	49,1	9,2	41,3	14,0	36,4	14,2	36,2
Wasserstoff	0,6	6,1	1,6	5,1	3,1	3,6	4,5	2,2	5,2	1,5
Stickstoff	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2
Sauerstoff	2,9	39,3	9,6	32,6	25,3	16,8	33,8	8,4	40,8	1,4

100 g Teerwasser enthielten bis 250° 1,4 g Essigsäure, 250 bis 300° 5,1 g, 300 bis 350° 10,4 g, 350 bis 400° 7,7 g und 400 bis 450° 2,3 g. Zwischen 300 und 400° wird also die meiste Essigsäure gebildet. Die entweichenden Gase enthielten:

Aufgefangen bei	300 bis 350°	350 bis 400°	400 bis 450°
Kohlensäure	53,5	55,0	28,0
Schwere Kohlenwasserstoffe .	0,2	1,5	5,0
Kohlenoxyd	27,7	32,6	29,0
Wasserstoff	3,7	3,0	17,3
Methan	14,9	7,9	20,6

E. Juon[1] untersuchte die Gase aus einer Holzentgasungsretorte:

Verkohlungsstadium	Gemessene Temperaturen	CO_2	CO	H	CH_4	N
Gegen Ende der Wasserdampf-Entwicklung	Sehr wenig unkondensierbares Gas 170 bis 200°	68,3	29,6	Spur	1,1	1,0
Bei Beginn der eigentlichen Verkohlung	200 bis 300°	65,3	30,5	„	3,9	0,1
Mitten in der ersten Verkohlungsperiode	300 bis 370°	67,4	30,0	0,3	2,3	—
Gegen Ende der ersten Verkohlungsperiode	350 bis 390°	43,4	26,7	2 8	26,2	—
Beginn des zweiten Stadiums der Verkohlung	gegen 390°	30,8	14,4	8,7	46,0	—

[1] Stahl u. Eisen 1904, 1231; 1907, 771; Fischers Jahresber. 1904, 9; 1907, 12.

Weitere Untersuchungen bei **Holzverkohlung** ergaben:

		150 bis 200	200 bis 280	280 bis 380	380 bis 500	500 bis 700	700 bis 900
Temperatur . . . . . °		150 bis 200	200 bis 280	280 bis 380	380 bis 500	500 bis 700	700 bis 900
Kohlenstoff in der Kohle . . . . . %		60,0	68,0	78,0	84,0	89,0	91,0
Unkondensierbarer Teil der sich entwickelnden Gase (in Volumprozent)	Kohlensäure	68,0	66,5	35,5	31,5	12,2	0,4
	Kohlenoxyd	30,5	30,0	20,5	12,3	24,5	9,6
	Wasserstoff	0,0	0,2	0,5	7,5	42,7	80,7
	Kohlenwasserstoff	2,0	3,3	36,5	48,7	20,4	8,7
Kondensierbare Bestandteile des Gases		Wasserdampf	Wasserdampf und Essigsäure	Essigsäure, Holzgeist u. leichte Teere	Große Mengen schwerer dickflüssiger Teere	dto. (paraffinhaltig)	Fast gar keine Kondensate
Bemerkungen		Sehr wenig Gas. Bedeutende Gewichtsabnahme im verkohlbaren Material		Große Gasvolumina. Gas brennt mit weißer Flamme		Spärliche Gasmengen	Nur sehr wenig Gas

Die entweichenden Gase bestehen also, wie bereits der Verf.[1] fand, anfangs wesentlich aus Kohlensäure, welche bei steigender Temperatur zu Kohlenoxyd reduziert wird.

Nach Versuchen von *P. Klason*, *G. v. Heidenstam* und *E. Norlin*[2] erfolgt die Verkohlung der **Cellulose** nach der Gleichung:

$$8\,C_6H_{10}O_5 = \underset{\text{Cellulosekohle}}{C_{30}H_{18}O_4} + 23\,H_2O + 4\,CO_2 + 2\,CO + \underset{\text{übrige Produkte.}}{C_{12}H_{16}O_3}.$$

Die Geschwindigkeit, womit diese Reaktion verläuft, ist unterhalb 270° langsam, wird aber oberhalb sehr groß. Die trockene Destillation der Cellulose bei dieser Temperatur stellt eine exothermische Reaktion dar. Die freigemachte Wärme beträgt etwa 5% von der Verbrennungswärme der Cellulose. Die bei der trockenen Destillation entwickelten Gase besitzen eine Verbrennungswärme, die etwa 3,5% von derjenigen der Cellulose beträgt. Diese Gase enthalten keinen Wasserstoff und keine aromatischen Kohlenwasserstoffe. Methylalkohol wird bei der trockenen Destillation der Cellulose nicht gebildet.

Versuche von *G. Büttner* und *H. Wislicenus*[3] ergaben, daß die inkrustierenden Bestandteile des Holzes stark an der Bildung der Essigsäure beteiligt sind und die Bildung von Methylalkohol allein durch sie bedingt ist. Bei einem Versuch im großen mit überhitztem Wasserdampf (200°) betrug die Temperatur in der Retorte durchschnittlich 300°, die der abziehenden Gase und Dämpfe dagegen 400 bis 500°, ein Beweis für den exothermen Verlauf des Holzdestillationsprozesses bei Anwendung von überhitztem Wasserdampf.

---

[1] Dinglers polytechn. Journ. 238, 55; Fischers Jahresber. 1880, 417.

[2] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1908, 5; 1909, 5.

[3] Journ. f. prakt. Chemie 1909, 177.

Torfentgasung.

Börnstein (vgl. S. 36) erhitzte 2 k Fasertorf von Linum (lufttrocken), die folgende Zusammensetzung zeigte:

Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Wasser	Asche
43,76	4,16	2,30	24,57	0,24	17,03	7,94%

Bei der Erhitzung spaltete sich daraus ab: Wasser bei etwa 100°, Gas gegen 250°, Teer bei etwa 325°, flüchtige, den Kupfervitriolbimsstein schwärzende Schwefelverbindungen bei 375°; brennbar wurde das Gas erst bei 400°. Auf je 1 k lufttrockenen Torfes ergab sich im Durchschnitt:

	Wasser in g	Teer in g	Gase in l	Schwefelverb. in g
bis 250°	91,1	—	3	—
250 „ 300°	56,4	Spur	4,6	—
300 „ 350°	73,7	2,5	11,4	—
350 „ 400°	44,1	9,6	33,2	2
400 „ 450°	42,5	31,2	42,0	

Die Zusammensetzung der wasser- und aschefreien Erhitzungsrückstände geben die Zahlen:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 400° erh.	bis 450° erh.
Kohlenstoff	58,32	57,80	59,90	70,14	73,44	75,19
Wasserstoff	5,54	5,79	5,80	4,21	4,56	4,21
Stickstoff	3,06	2,94	3,13	3,60	3,67	3,49
Sauerstoff	32,76	33,20	30,80	21,71	17,99	16,88
Schwefel	0,32	0,27	0,37	0,34	0,34	0,23
Feuchtigkeit	17,03	8,25	6,88	3,33	3,76	3,13

Auf je 100 Atome Kohlenstoff gerechnet sind darin:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 400° erh.	bis 450° erh.
Atome Wasserstoff	114,0	120,2	116,2	72,0	74,5	67,2
„ Stickstoff	4,5	4,3	4,5	4,4	4,3	4,9
„ Sauerstoff	42,1	42,7	38,6	23,2	18,4	16,8
„ Schwefel	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1

Die bei der Entgasung von Torf entweichenden Gase hatten nach *Börnstein* folgende Zusammensetzung:

	300 bis 350	350 bis 400°	400 bis 450°
Kohlensäure	89,2	63,8	55,4
Schwere Kohlenwasserstoffe	0,3	0,4	3,7
Kohlenoxyd	10,1	7,2	12,3
Wasserstoff	0,3	3,1	3,1
Methan	—	25,5	25,4

Auch das bei der Entgasung von Torf entweichende Gas enthält somit sehr viel Kohlensäure.

Entgasung von Braunkohlen.

Versuche von *Börnstein* (vgl. S. 36) mit 4 k märkischer Braunkohle folgender prozentiger Zusammensetzung:

Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Wasser	Asche
32,98	2,53	0,56	21,84	1,93	33,36	6,80

ergab für je 1 k Kohle:

	Wasser in g	Teer in g	Gase in l	Schwefelverb. in g
bis 250°	114,1	—	1,0	—
250 „ 300°	184,1	0,2	2,1	0,1
300 „ 350°	97,3	2,1	5,1	1,5
350 „ 400°	62,3	6,4	19,4	8,3
400 „ 450°	44,6	11,8	21,2	2,5

Die Analyse der Kohle, wasser- und aschefrei gerechnet, ergab:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 450° erh.
Kohlenstoff	55,11	63,54	66,19	69,16	83,96
Wasserstoff	4,23	4,99	5,22	4,90	4,31
Stickstoff	0,94	0,96	0,86	1,07	0,97
Sauerstoff	36,49	27,17	24,30	21,31	6,16
Schwefel	3,23	3,34	3,43	3,56	4,60
Feuchtigkeit	33,36	24,50	8,39	1,90	4,41

Die Berechnung auf Atomzahlen zeigt auf je 100 Atome Kohlenstoff:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 400° erh.	bis 450° erh.
Atome Wasserstoff	92,1	94,2	94,6	85,0	77,9	61,6
„ Stickstoff	1,5	1,3	1,1	1,3	1,3	1,0
„ Sauerstoff	49,7	32,1	27,5	23,1	16,2	5,5
„ Schwefel	2,2	2,0	1,9	1,9	2,1	2,0

Die Analyse der Gase:

	bei 350 bis 400°	400 bis 450°	389 bis 390°	400 bis 450°	440 bis 450°
Kohlensäure	56,7	65,9	66,2	52,1	42,6
Schwere Kohlenwasserstoffe	1,6	2,0	1,3	1,5	4,0
Kohlenoxyd	10,9	14,1	15,4	20,0	8,1
Wasserstoff	11,9	5,3	1,5	7,4	19,3
Methan	18,9	12,7	14,5	18,1	8,0
Äthan	—	—	1,1	0,9	18,0

Aus böhmischer Braunkohle folgender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Wasser	Asche
63,94	5,05	0,83	21,70	0,45	1,81	6,22%

wurde in der Retorte abgespalten: Wasser von etwa 200° an, wesentliche Gasmengen über 250°, Teer von 330°, flüchtige Schwefelverbindungen gegen 350°. Die durchschnittliche Menge dieser flüchtigen Produkte ergab sich auf je 1 k Kohle:

	Wasser in g	Teer in g	Gase in l	Schwefelverb. in g
bis 250°	55,6	—	1,9	—
250 „ 300°	44,9	—	3,3	—
300 „ 350°	50,4	0,9	8,1	0,7
350 „ 400°	36,5	8,3	16,7	0,5
400 „ 450°	40,5	34,9	29,5	0,4

Die Zusammensetzung der Kohle, wasser- und aschefrei, ergab sich zu:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 400° erh.	bis 450° erh.
Kohlenstoff	69,53	71,50	70,54	75,00	82,98	84,32
Wasserstoff	5,49	5,56	5,45	5,14	4,26	3,97
Stickstoff	0,90	1,08	1,26	1,37	1,46	1,35
Sauerstoff	23,59	21,32	22,20	17,91	10,67	9,63
Schwefel	0,49	0,54	0,55	0,58	0,63	0,73
Feuchtigkeit	1,81	7,02	4,31	2,70	3,03	2,23

Das ergibt auf je 100 Atome Kohlenstoff:

	ursprünglich	bis 250° erh.	bis 300° erh.	bis 350° erh.	bis 400° erh.	bis 450° erh.
Atome Wasserstoff	94,7	93,3	92,7	82,2	61,6	56,5
„ Stickstoff	1,1	1,3	1,5	1,6	1,5	1,4
„ Sauerstoff	25,4	22,4	23,6	17,9	9,6	8,6
„ Schwefel	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3

Und unter Berücksichtigung der Ausbeuteverhältnisse errechnet sich wasser- und aschefrei im Durchschnitt:

	bis 250°		bis 300°		bis 350°		bis 400		bis 450°	
	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig
Kohlenstoff	1,2	68,3	5,4	64,1	7,5	62,0	8,1	61,5	17,0	52,6
Wasserstoff	0,2	5,3	0,5	5,0	1,2	4,3	2,3	3,2	3,0	2,5
Stickstoff	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	0,1	0,8
Sauerstoff	3,2	20,4	3,4	20,2	8,8	14,8	15,7	7,9	17,6	6,0
Schwefel	—	0,5	—	0,5	—	0,5	—	0,5	0,1	0,4

Die aufgefangenen Gase hatten folgende Zusammensetzung:

	bis 300	300 bis 350	350 bis 400°	400 bis 450°
Kohlensäure	91,4	90,9	69,6	47,8
Schwere Kohlenwasserstoffe	0,7	1,0	2,5	3,9
Kohlenoxyd	6,4	7,6	15,8	15,1
Wasserstoff	0,3	0,5	8,8	11,9
Methan	1,1	—	3,2	21,2

In einer zweiten Versuchsreihe:

	300°	350	400	450
Kohlensäure	92,7	91,0	55,1	27,7
Schwere Kohlenwasserstoffe	0,1	0,2	4,9	2,4
Kohlenoxyd	1,2	4,7	18,9	11,6
Wasserstoff	0,5	0,6	2,2	15,0
Methan	5,5	3,4	16,0	38,6
Äthan	—		2,9	4,7

Die Zusammensetzung der Gase ändert sich also je nach Beschaffenheit der Kohle und der Ausführung des Versuches.

Die Schwelgase der Paraffinfabriken[1] haben folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	10 bis 20%
Schwere Kohlenwasserstoffe	1 „ 2
Kohlenoxyd	5 „ 15
Methan	10 „ 25
Wasserstoff	10 „ 30
Sauerstoff	0 „ 3
Stickstoff	10 „ 30
Schwefelwasserstoff	1 „ 3

[1] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1892, 41; 1893, 51; 1896, 53; 1901, 34.

Entgasung von Steinkohlen.

Menge und Beschaffenheit der bei der Entgasung von Steinkohlen erhaltenen Produkte hängen ab von der Zusammensetzung der Kohlen und von der Art und Dauer der Erhitzung derselben. Da die Zusammensetzung der Kohlen einer Grube, ja desselben Flözes schwanken kann, wie Verf. gezeigt hat[1], so wird die Gasausbeute einer Kohlensorte auch bei gleicher Behandlung nicht ganz gleichmäßig ausfallen.

In den Entgasungsprodukten der Steinkohlen sind folgende Stoffe nachgewiesen:

Steinkohlenentgasung.

Siedepunkt	Kohlenwasserstoff		Andere neutrale Stoffe	Säuren	Basen
	Fettreihe	Aromatische Reihe			
Gase	Methan, CH_4	—	Wasserstoff	Schwefelwasserstoff, H_2S	Ammoniak, NH_3
Gase	Äthylen, C_2H_4	—	Stickstoff	—	—
Gase	Acetylen, C_2H_2	—	Cyan, CN	Cyanwasserstoff, CNH	—
Gase	—	—	Kohlenoxyd, CO	Kohlensäure, CO_2	—
Gase	Propylen, C_3H_6	—	Kohlenoxysulfid, COS	—	—
Gase	Propan, C_3H_8	—	—	—	—
Gase	Allylen, C_3H_4	—	—	—	—
Gase	Butylen, C_4H_8	—	—	—	—
Gase	Butan, C_4H_{10}	—	—	—	—
18°	Krotonylen, C_4H_6	—	—	—	—
38	Pentan, C_5H_{12}	—	—	—	—
39	Amylen, C_5H_{10}	—	—		
41	Cyklopentadien, C_5H_6	—	—	—	—
47	—	—	Schwefelkohlenstoff, CS_2	—	—
50	Valylen, C_5H_8	—	—	—	—
70	Hexan, C_6H_{14}	—	—	—	—
71	Hexylen, C_6H_{12}	—	—	—	—
79	Äthylalkohol, C_2H_6O	—	—	—	—
81	Hexoxylen, C_6H_{10}	Benzol, C_6H_6	—	—	—
82	—	—	Acetonitril, C_2H_3N	—	—
84	—	—	Thiophen, C_4H_4S	—	—
97	Heptylen, C_7H_{14}	—	—		—
98	Heptan, C_7H_{16}	—	—	—	—
100	—	—	Wasser, H_2O	—	—
111	—	Toluol, C_7H_8	—	—	
113	—	—	Thiotolen, C_5H_6S	—	—
117	—	—	—	—	Pyridin, C_5H_5N
119	—	—	—	Essigsäure, $C_2H_4O_2$	—
124	Octan, C_8H_{18}	—	—	—	—
126	—	—	Pyrol, C_4H_5N	—	—
134	—	Äthylbenzol, C_8H_{10}	—	—	α-Pikolin, C_6H_7N
137	—	Paraxylol, C_8H_{10}	Thyoxen, C_6H_8S	—	—
141	—	o- und m-Xylol, C_8H_{10}	—	—	—
142	—	—	—	—	α α-Lutidin; β-Pikolin
145	—	Styrol, C_8H_8	—	—	α-Dimethylpyridin, C_7H_9N
151	Nonan, C_9H_{20}	—	—	—	—
154	—	—	—	—	γ-Äthylpyridin, C_7H_9N
157	—	—	—	—	α-Lutidin, C_7H_9N
164	—	Mesitylen, C_9H_{12}	—	—	—
165	—	—	—	—	Kollidin, C_7H_9N
170	—	Pseudocumol, C_9H_{12}	—	—	—
171	Decan, $C_{10}H_{22}$	Terpen, $C_{10}H_{16}$	Kumaron, C_8H_6O	—	—
175	Nonon, C_9H_{14}	Hermellithol, C_9H_{12}	—	—	—
179	—	Inden, C_9H_8	—	—	Kollidine, $C_8H_{11}N$
182	—	—	—	—	Anilin, C_6H_7N
184	—	—	—	Phenol, C_6H_6O	—
188	—	—	—	Orthokresol, C_7H_8O	α-Parvolin, $C_9H_{13}N$
191	—	—	Benzonitril, C_6H_5ON	—	—

[1] Zeitschr. f. angew. Chemie 1894, 605.

Siedepunkt	Kohlenwasserstoff: Fettreihe	Kohlenwasserstoff: Aromatische Reihe	Andere neutrale Stoffe	Säuren	Basen
196°	—	Durol, $C_{10}H_{14}$	—	—	—
199	—	—	—	Parakresol, C_7H_8O	—
201	Duodecan, $C_{12}H_{26}$	—	—	Metakresol, C_7H_8O	—
205	—	Naphthalinhydrür, $C_{10}H_{10}$	—	—	—
211	—	—	—	—	Coridin, $C_{10}H_{15}N$
218	—	Naphthalin, $C_{10}H_8$	—	m-Xylenol, $C_8H_{10}O$	—
222	—	—	Phenylsenföl, C_7H_5NS	—	—
225	—	—	—	o-Xylenol, $C_8H_{10}O$	—
230	—	—	—	—	Rubidin, $C_{11}H_{17}N$
237	—	—	—	—	i-Chinolin, C_9H_7N
239	$C_{14}H_{30}$	—	—	—	Chinolin, C_9H_7N
242	—	Methylnaphthalin, $C_{11}H_{10}$	—	—	Chinaldin, $C_{10}H_9N$
250	—	—	—	Benzoesäure, $C_7H_6O_2$	—
251	—	—	—	—	Viridin, $C_{12}H_{19}N$
254	—	Diphenyl, $C_{12}H_{10}$	—	—	—
257	—	—	—	—	Lepidin, $C_{10}H_9N$
260	$C_{15}H_{32}$	Acenaphthenhydrür, $C_{12}H_{12}$	—	—	—
264	—	Dimethylnaphthalin, $C_{12}H_{12}$	—	—	—
274	—	—	—	—	Kryptidin, $C_{11}H_{11}N$
278	—	Acenaphthen, $C_{12}H_{10}$	—	α-Naphthol, $C_{10}H_8O$	—
280	—	—	—	—	Tetracolin, $C_{12}H_{13}N$
294	—	—	—	β-Naphthol, $C_{10}H_8O$	—
295	—	Fluoren, $C_{13}H_{10}$	—	—	—
305	—	Anthracendihydrür, $C_{14}H_{12}$	—	—	—
340	—	Phenanthren, $C_{14}H_{10}$	—	—	—
350	—	Reten, $C_{18}H_{18}$	—	Pyrokresol, $C_{15}H_{14}O$	—
355	—	—	Carbazol, $C_{12}H_9N$	—	—
über 360	Paraffin	Anthracen, $C_{14}H_{10}$	—	—	Akridin, $C_{13}H_9N$
	—	Methylanthracen, $C_{15}H_{12}$	—	—	—
	—	Fluoranthren, $C_{15}H_{10}$	—	(Rhodanammonium)	Octakolin, $C_{16}H_{21}N$
	—	Pseudophenanthren, $C_{16}H_{12}$	Phenylnaphthylcarbazol, $C_{16}H_{11}N$	—	—
	—	Pyren, $C_{16}H_{10}$	—	—	—
	—	Chrysen, $C_{18}H_{12}$	—	—	—
	—	Parachrysen (Pizen), $C_{22}H_{14}$		—	

Diese verschiedenen Verbindungen sind teils unmittelbar aus der Kohle gebildet, teils durch verschiedene Umsetzung aus den ursprünglichen Destillationsprodukten entstanden[1].

Wright[2] erhielt aus derselben Menge Kohle, je nach der angewendeten Temperatur 8,25 bis 12 cbm Gas folgender Zusammensetzung:

Menge	8,25 cbm	9,7 cbm	12 cbm
Wasserstoff	38,09%	43,77%	48,02%
Kohlenoxyd	8,72%	12,50%	13,96%
Methan	42,72%	34,50%	30,70%
Schwere Kohlenwasserstoffe	7,55%	5,83%	4,51%
Stickstoff	2,92%	3,40%	2,81%

Eine Kohle, welche zur völligen Entgasung 6 Stunden erforderte, gab in den angegebenen Zeiten Gase folgender Zusammensetzung:

Nach	10 Min.	1 St. 30 Min.	3 St. 25 Min.	5 St. 35 Min.
Schwefelwasserstoff	1,30	1,42	0,49	0,11
Kohlensäure	2,21	2,09	1,49	1,50
Wasserstoff	20,10	38,33	52,68	67,12
Kohlenoxyd	6,19	5,68	6,21	6,12
Methan	57,38	44,03	33,54	22,58
Schwere Kohlenwasserstoffe	10,62	5,98	3,04	1,79
Stickstoff	2,20	2,47	2,55	0,78

[1] Vgl. *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 169.

[2] Journ. Chem. Soc. 1884, 99; Journ. of Gaslight 1888, 169; Fischers Jahresber. 1888, 84.

Derselbe gibt folgende Verteilung der Bestandteile von 100 Teilen Derbyshire Silkstone-Kohle bei etwa 800° Destillationstemperatur:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Schwefel	Stickstoff	Sauerstoff
Koks	57,38	1,24	1,05	1,06	1,28
Teer	6,11	0,46	0,05	0,06	0,60
Gaswasser	0,08	1,06	0,12	0,22	8,30
Gas	7,56	2,85	Spur	0,36	1,46
In Reinigungsmengen	0,22	0,02	0,39	0,01	0,56
	71,35	5,63	1,61	1,71	12,20

100 k Kohle gaben somit 64,97 k Koks (mit 2,96 Asche), 7,27 k Teer, 9,78 k Gaswasser, 21,14 cbm Leuchtgas. Bei etwa 1100° entgast:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Schwefel	Stickstoff	Sauerstoff
Koks	57,95	0,70	0,77	0,47	1,24
Teer	4,78	0,38	0,06	0,05	1,18
Gaswasser	0,08	1,06	0,13	0,21	8,30
Gas	8,53	3,42	Spuren	0,86	2,30
In Reinigungsmengen	0,38	0,04	0,74	0,02	0,93
	71,73	5,61	1,70	1,61	31,95

Erhalten wurden 31,21 cbm Leuchtgas, 64,10 k Koks, 6,47 k Teer, 9,78 k Gaswasser.

Auf weitere ältere Untersuchungen sei verwiesen[1].

Bei der Untersuchung über das Verhalten der verschiedenen Kohlensorten bei der Destillation teilt *Deville*[2] die Gaskohlen nach ihrem Sauerstoffgehalte in fünf Typen:

Typen	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlenstoff	78,47	78,48	76,85	72,93	67,86
Wasserstoff	4,49	4,85	4,83	4,84	4,69
Sauerstoff und Stickstoff	5,83	6,91	7,80	9,71	10,55
Hygroskopisches Wasser	2,17	2,70	3,31	4,34	6,17
Asche	9,04	7,06	7,21	8,18	10,73
	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm
Gas aus 100 k Kohle	30,13	31,01	30,64	29,72	27,44

[1] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 185.
[2] Journ. de l'éclair. 1886; Journ. f. Gasbel. 1889, 652.

Zusammensetzung des Gases.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlensäure	1,47	1,58	1,72	2,79	3,13
Kohlenoxyd	6,68	7,19	8,21	9,86	11,93
Wasserstoff	54,21	52,79	50,10	45,45	42,26
Sumpfgas und Stickstoff	34,37	34,43	35,03	36,42	37,14
Aromat. Kohlenwasserstoffe . .	0,79	0,99	0,96	1,04	0,88
Schwere Kohlenwasserstoffe . .	2,48	3,02	3,98	4,44	4,66

Nach Versuchen von *L. Vignon*[1] liefern die Kohlen um so mehr Kohlenoxyd und Kohlensäure, je sauerstoffreicher sie sind.

Börnstein[2] erhitzte in einer Retorte 4 oder 5 k folgender Steinkohlen:

Oberschlesische:
1. Fettflammkohle der Hohenzollerngrube;

Niederschlesische:
2. Gaskohle der Glückhilfsgrube;

Rheinisch-westfälische:
3. Gaskohle der Zeche Zollverein I/II,
4. Gasflammkohle der Zeche Bismarck,
5. Fettflammkohle der Gewerkschaft General Blumenthal I/II;
6. Flammkohle vom Schacht Heinrich der Bergbaugesellschaft Neu-Essen,
7. Fettkohle der Zeche Shamrock I/II,
8. Eßkohle der Zeche Altendorf.

Diese Kohlen hatten die folgende Zusammensetzung:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Kohlenstoff	77,14	82,76	83,38	82,07	82,13	71,65	84,39	85,55
Wasserstoff	4,45	5,11	4,72	4,29	4,95	4,38	4,94	4,28
Stickstoff	1,08	0,77	1,06	0,95	0,84	0,61	0,90	0,91
Sauerstoff	11,66	5,32	7,78	7,85	5,95	8,32	4,62	2,92
Schwefel	0,91	1,49	1,04	1,50	1,58	1,50	1,02	2,19
Wasser	2,85	0,89	1,05	1,36	0,77	1,32	0,66	0,61
Asche	1,91	3,66	0,97	1,98	3,78	12,22	3,47	3,54

Beim Erhitzen wurde auf je 1 k der Kohlen im Durchschnitt erhalten:

	Wasser g	Teer g	Gase l	Schwefelverb. g	fester Rückstand g
1.	69,4	81,9	28,6	1,64	828,5
2.	23,4	60,4	30,5	2,5	878,9
3.	43,0	75,3	23,4	2,0	842,8
4.	47,8	95,8	17,6	3,7	815,8
5.	31,8	49,3	14,4	1,4	914,5
6.	43,8	52,3	13,1	1,9	875,0
7.	16,9	29,8	16,7	0,4	929,0
8.	14,7	9,0	8,2	0,1	959,5

[1] Bulletin de la Soc. chim. 1908, 109.
[2] Journ. f. Gasbel. 1906, Sonderabdr.

Verhalten der Kohle.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Erste Abspaltung von Wasser bei etwa . . .	200°	200°	200°	200°	200°	200°	200°	200°
Reichliche Abspaltung von Wasser bei . . .	250°	350°	290°	300°	290°	300°	400°	—
Erstes öliges Destillat bei	250°	200°	240 bis 290°	200 bis 225°	ca. 150°	ca. 200°	ca. 200°	230 bis 250°
Die Hauptdestillation beginnend bei	325 bis 360°	400°	360 bis 385°	390 bis 400°	434°	425°	ca. 400°	—
Das erste brennbare Gas bei	350 bis 364°	355°	380 bis 410°	410°	400 bis 425°	ca. 430°	ca. 415°	425 bis 445°
Beginn starker Gasabspaltung bei	375°	360 bis 400°	396 bis 415°	420°	420 bis 430°	410 bis 430°	433°	430 bis 450°
Erste Abspaltung flücht. Schwefelverbindungen	290°	280 bis 345°	305°	310°	260°	330 bis 350°	250°	280°

Zusammensetzung der Kohle.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.	
	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.
Kohlenstoff	80,99	87,84	86,70	87,97	85,09	87,74	84,90	87,60	86,04	87,45	82,87	86,82	88,02	89,97	89,25	90,21
Wasserstoff	4,67	3,69	5,35	4,43	4,82	3,83	4,44	3,95	5,18	4,29	5,06	4,09	5,20	4,57	4,46	4,44
Stickstoff	1,13	0,94	0,81	1,17	1,08	1,07	0,98	1,15	0,88	1,05	0,70	0,33	0,93	1,15	0,95	1,08
Sauerstoff	12,26	6,56	5,58	5,06	7,95	6,28	8,13	6,49	6,25	5,74	9,64	7,36	4,79	2,96	3,06	2,74
Schwefel	0,95	0,97	1,56	1,36	1,06	1,67	1,55	0,81	1,65	1,47	1,73	1,40	1,06	1,35	2,28	1,53

Bei der Umrechnung auf Atomgewichte erhält man hierin auf je 100 Atome Kohlenstoff (vgl. S. 36):

	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.	
	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450° erh.	ursprüngl.	bis 450 erh.
Atome Wasserstoff . .	69,1	50,3	74,0	60,4	67,9	52,4	63,8	54,1	72,1	58,8	73,3	56,4	70,8	60,9	59,9	58,9
,, Stickstoff . . .	1,2	0,9	0,8	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	0,7	0,3	0,9	1,1	0,9	1,0
,, Sauerstoff . .	11,3	5,6	4,5	4,3	7,0	5,4	7,2	5,6	5,4	4,9	8,7	6,4	4,0	2,5	2,6	2,3

Verteilung der Bestandteile.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.	
	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig	flüchtig	beständig
Kohlenstoff	7,0	74,0	9,1	77,6	10,8	74,3	13,0	71,9	5,6	80,5	7,7	75,2	5,5	82,5	1,2	88,0
Wasserstoff	1,6	3,1	1,4	3,9	1,6	3,2	1,2	3,2	1,2	3,9	1,5	3,5	1,0	4,2	0,1	4,3
Stickstoff	0,3	0,8	—	0,8	0,2	0,9	0,9	0,7	—	0,9	0,4	0,3	—	0,9	—	0,9
Sauerstoff	6,7	5,5	1,1	4,5	2,6	5,3	2,8	5,3	0,4	5,8	3,3	6,4	2,1	2,7	0,4	2,7
Schwefel	0,1	0,8	0,4	1,2	0,1	0,9	—	0,9	0,3	1,3	0,5	1,2	—	1,1	0,8	1,5

Zusammensetzung der Gase nach Einzelgasen.

	1.		2.		3.		4.		5.	6.		7.		8.
	400 bis 420°	440°	410 bis 428°	445 bis 450°	400 bis 420°	450°	420 bis 438°	445°	434 bis 440°	435 bis 448°	448 bis 450°	443 bis 446°	446 bis 449°	452 bis 454°
Kohlensäure	16,1	10,2	7,4	5,5	4,7	3,8	6,6	5,7	5,3	6,0	5,6	15,5	11,2	18,5
Schwere Kohlenwasserstoffe	13,0	13,1	15,0	10,3	10,1	5,6	14,3	12,1	10,0	9,7	12,0	8,5	6,6	5,9
Kohlenoxyd	8,8	6,9	3,5	2,5	3,6	3,8	5,4	4,0	6,2	5,0	3,6	1,8	2,0	2,4
Wasserstoff	6,5	8,9	5,0	10,2	7,7	17,3	6,1	6,5	6,0	7,4	9,1	12,8	12,8	13,1
Methan	38,4	35,5	9,9	} 71,5	45,5	54,3	29,4	} 71,7	44,2	47,8	} 69,7	40,1	} 67,4	60,1
Äthan	17,2	25,4	59,2		28,4	15,2	28,2		28,3	24,1		21,3		
N	—	—	—	1,35	—	—	—	1,38	—	—	1,39	—	1,27	1,22

P. Schläpfer[1] erhitzte gemeinschaftlich mit *Constam* 0,5 k folgender Kohlen:

Name der Kohle	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff %	Stickstoff %	Schwefel %	Asche %	Feuchtigkeit %	Flüchtige Bestandteile %	Verbrennungswärme W
Belgischer Anthrazit	88,41	3,20	1,65	1,06	0,70	3,75	1,23	12,12	8217
Ruhrmagerkohle	86,06	3,70	2,79	1,37	0,71	4,18	1,19	16,89	8124
Ruhreßkohle	85,96	4,00	2,55	1,53	1,03	3,96	0,97	17,77	8202
Ruhrfettkohle I	87,94	4,18	2,47	1,44	0,56	2,64	0,77	19,67	8427
Ruhrfettkohle II	85,33	4,48	3,61	1,41	0,98	3,17	1,02	24,35	8279
Ruhrgasflammkohle	79,09	4,48	5,80	1,10	1,54	6,42	1,57	35,71	7686

[1] Inaug.-Diss. Zürich 1906.

in einer kleinen Versuchsretorte auf 820°. Zwei Versuchsreihen ergaben:

Destillierte Kohle		1 k Kohle ergab bei 0° und 760 mm Liter Gas	Mengen der Destillationsprodukte in Gewichtsprozenten				
			Koks	Leuchtgas	Teer	Pech	Gaswasser aus der Differenz zu 100
Belgischer Anthrazit .	I	208,2	90,18	7,73	—	0,15	1,94
	II	205,8	90,07	7,68	—	0,10	2,15
Ruhrmagerkohle . .	I	273,2	86,25	11,36	0,12	0,20	2,07
	II	228,7	88,52	10,30	0,12	0,20	0,86
Ruhreßkohle	I	279,6	84,66	12,66	1,28	0,25	1,15
	II	272,8	84,17	12,36	1,28	0,25	1,94
Ruhrfettkohle I . . .	I	297,8	80,93	13,64	2,60	0,67	2,16
	II	297,3	80,93	13,47	2,60	0,67	2,33
Ruhrfettkohle II. . .	I	283,9	77,60	13,54	4,90	0,72	3,24
	II	289,2	77,60	13,82	4,72	0,71	3,15
Ruhrgasflammkohle .	I	271,8	68,40	16,05	6,45	1,43	7,67
	II	270,5	67,84	15,93	6,49	1,50	8,24

Zusammensetzung, Verbrennungswärmen und Heizwerte der Koksarten.

Koks aus		Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff %	Stickstoff %	Schwefel %	Asche %	Feuchtigkeit %	Verbrennungswärme
Belg. Anthrazit . . .	I	89,63	0,95	1,05	1,03	0,79	4,29	2,26	7496
	II	89,57	0,87	1,10	1,05	0,78	4,22	2,41	7439
Ruhrmagerkohle . .	I	89,46	0,64	0,26	1,31	0,88	5,35	2,10	7398
	II	86,93	0,77	0,27	1,20	0,84	8,45	1,54	7221
Ruhreßkohle	I	91,06	0,58	0,27	1,61	0,93	4,92	0,63	7555
	II	91,03	0,67	0,05	1,57	0,91	4,80	0,97	7550
Ruhrfettkohle I . .	I	93,30	0,69	0,00	1,54	0,73	3,22	0,58	7713
	II	93,54	0,57	0,12	1,53	0,63	3,07	0,54	7707
Ruhrfettkohle II . .	I	91,98	0,76	0,09	1,46	0,77	3,33	1,61	7650
	II	91,84	0,63	0,10	1,55	0,81	3,78	1,28	7627
Ruhrgasflammkohle .	I	83,87	0,85	0,38	1,39	1,05	10,32	2,14	7048
	II	85,64	0,96	0,32	1,36	0,81	8,51	2,40	7164

Verbrennungswärmen und Zusammensetzung der Gase im Mittel:

Gas aus	Verbrennungswärme	CO_2 %	C_nH_{2n} %	O_2 %	CO %	CH_4 %	H_2 %	N_2 %
Belgischem Anthrazit .	4336	0,60	1,09	1,22	3,36	19,00	66,66	8,05
Ruhrmagerkohle . . .	4358	3,70	1,68	0,78	3,46	16,69	65,86	7,83
Ruhreßkohle	4460	2,72	2,28	0,59	7,33	19,59	63,60	3,89
Ruhrfettkohle I . . .	4772	1,88	3,33	0,60	7,75	21,31	62,73	2,40
Ruhrfettkohle II . . .	5370	2,61	4,77	0,91	6,12	25,94	54,23	5,42
Ruhrgasflammkohle . .	6153	2,37	7,04	1,01	9,09	31,00	44,89	3,60

Kolbe[1] und *Constam* untersuchten französische Steinkohlen folgender Zusammensetzung:

Name der Kohle	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff %	Stickstoff %	Schwefel %	Feuchtigkeit %	Asche %	Koksausbeute bei den Entgasungen %	Verbrennungswärme w
Gardanne	57,67	3,99	10,99	1,29	4,72	10,55	10,79	50,6	5673
Chapelle sous Dun	59,85	4,06	8,72	1,16	1,39	10,43	14,39	56,6	5876
Pyrenäenkohle . .	71,04	4,84	8,35	1,39	5,75	3,88	4,75	57,1	7156
Bruay	78,07	4,99	8,22	1,55	0,85	2,36	3,96	62,1	7663
Blanzy	68,66	4,57	8,55	0,89	0,70	2,93	13,70	65,4	6793
St. Etienne	81,74	4,85	4,69	1,44	0,80	0,94	5,50	70,4	8085
Lens	82,83	4,77	4,62	1,25	0,89	0,98	4,66	72,0	8138
Ronchamp	75,49	4,23	3,45	1,15	0,76	0,87	14,05	77,9	7369

Die Untersuchung der Gasproben ergab:

Gase der Kohle	CO_2	C_nH_{2n}	O	CO	CH_4	H	N
Gardanne	9,40	4,60	0,30	19,57	20,28	42,42	3,43
Chapelle sous Dun	5,40	6,60	0,90	13,94	24,39	45,29	3,48
Pyrenäenkohle . .	5,10	6,50	0,40	15,60	24,30	45,30	2,70
Bruay	3,60	4,40	0,70	16,60	21,30	49,80	3,60
Blanzy	2,90	5,10	0,20	9,02	27,69	51,87	3,22
St. Etienne	2,20	4,10	0,70	5,40	31,80	47,90	7,90
Lens	2,40	4,60	0,70	5,40	26,50	56,80	3,70
Ronchamp	2,30	3,90	0,60	7,20	24,60	58,00	3,30

Folgende Zusammenstellung zeigt die prozentige Verteilung des Brennwertes der Kohle auf die erzielten Produkte:

	Koks	Gas	Teer und Pech	Verlust
Gardanne	55,6	27,2	10,0	7,2
Chapelle sous Dun	59,8	27,0	8,8	4,4
Pyrenäen	58,8	23,1	11,4	6,7
Bruay	59,6	22,1	12,3	6,0
Blanzy	60,2	24,4	10,6	4,8
St. Etienne	65,3	21,2	9,2	3,3
Lens	68,9	20,6	6,8	3,7
Ronchamp	69,3	19,4	6,8	4,5

Die bei der Entgasung von Steinkohlen entstehenden Produkte haben also einen etwas geringeren Brennwert als die verwendete Kohle. (Vgl. S. 38.)

[1] Journ. f. Gasbel. 1908, 669; 1909, 770.

Englische Kohlen folgender Zusammensetzung

Nr.	Name der Kohle	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Schwefel	Feuchtigkeit	Asche	Verbrennungswärme w	Heizwert[1] w
1	Bright Coal, Nottinghamshire . .	71,08	4,63	8,91	1,76	0,96	9,60	3,06	7004	6696
2	Trencherbone Coal, Lancashire .	81,46	5,16	6,77	1,79	0,82	2,58	1,42	8066	7775
3	Best Hard Coal	74,12	4,43	8,24	1,81	0,54	7,50	3,36	7208	6924
4	Nottinghamshire Kinneilkohle. .	78,56	5,19	8,63		1,15	2,36	4,11	7811	7517
5	Low Main Seam, Durham . . .	83,08	5,28	5,46	2,04	0,62	1,61	1,91	8250	7955
6	Hutton Seam, Durham	86,59	5,36	3,63	1,75	0,79	0,94	0,94	8594	8299
7	Barnsley Coal, Yorkshire	75,81	4,27	7,01	0,91	0,54	2,81	8,65	7276	7029
8	Ballarat Seam, Durham	85,16	4,76	4,06	1,69	0,40	0,98	2,95	8321	8058
9	Nixons Navig. Coal, Wales . . .	82,49	4,58	2,50	1,49	1,04	1,11	1,79	8486	8232

lieferten Koks:

Nr.	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff + Stickstoff %	Schwefel %	Feuchtigkeit %	Asche %	Verbrennungswärme w
1	91,21	0,76	2,57	0,81	0,48	4,17	7616
2	94,22	0,58	1,29	0,69	0,27	2,95	7695
3	90,48	0,73	2,19	0,41	0,50	5,69	7475
4	88,29	0,75	1,79	1,52	0,30	7,35	7395
5	92,55	0,84	2,25	0,64	0,16	3,56	7737
6	94,62	0,79	2,13	0,65	0,18	1,63	7875
7	85,15	0,86	1,45	0,39	0,24	11,91	7076
8	93,51	0,81	1,34	0,50	0,25	3,59	7772
9	93,77	0,67	1,19	1,09	0,21	3,07	7835

Zusammensetzung der Gase.

Nr.	CO_2 %	C_nH_{2n} %	O %	CO %	CH_4 %	H %	N %	Gasausbeute der Rohkohle %	Leuchtkraft im Schnittbrenner bei 150 *l* V.
1	2,70	5,40	0,80	7,29	24,14	56,48	3,18	18,5	7,8
2	2,20	7,80	0,60	10,38	28,92	47,38	2,68	20,3	11,2
3	4,10	5,60	0,90	11,49	24,27	49,62	4,02	17,7	7,2
4	2,30	5,90	0,50	8,54	29,40	50,22	3,20	18,5	10,0
5	1,70	6,30	0,80	5,02	32,38	50,62	3,19	17,0	11,0
6	1,00	5,70	1,20	2,76	31,31	51,58	6,45	17,5	10,9
7	3,40	5,60	0,80	7,35	24,22	52,77	5,86	12,9	6,8
8	1,40	4,30	0,70	2,34	29,48	57,56	4,21	12,8	7,1
9	1,00	2,60	0,80	3,35	24,38	62,62	5,26	11,2	2,9

Der Heizwert der Destillationsprodukte betrug in Prozent des Heizwertes der Kohle:

[1] Man unterscheidet hier Verbrennungswärme (bez. auf flüssiges Wasser als Verbrennungsprodukt) und Heizwert (bez. auf Wasserdampf von 20°).

Nr.	Koks	Gas	Teer	Pech	Verlust
1	62,5	22,9	8,4	1,6	4,6
2	61,1	22,7	11,0	1,4	3,8
3	64,1	20,3	10,1	1,3	4,2
4	62,3	21,9	9,5	2,2	4,1
5	63,2	20,6	9,5	2,2	4,5
6	64,9	22,1	7,7	2,0	3,3
7	70,4	18,3	6,9	1,8	2,6
8	73,3	18,6	2,5	1,7	3,9
9	75,9	16,9	2,9	1,3	3,0

Untersuchung von Gaskohlen durch die Lehr- und Versuchsanstalt des Vereins von Gas- und Wasserfachmännern[1]. Von den ausgeführten Analysen mögen hier nur die von Ruhrkohlen angeführt werden:

	Asche	Wasser	C	H	O	N	S	Heizwert
Dahlbusch	12,03	1,16	74,31	4,50	5,34	1,68	0,98	7059
Ewald Fortsetzung II . .	9,90	1,30	76,29	4,60	4,88	1,63	1,40	7286
Königin Elisabeth	10,49	2,02	76,36	4,21	4,66	1,46	0,80	7222
Rheinbabenschächte . . .	14,14	1,65	70,34	4,76	6,06	1,42	1,63	6888
Zollverein	10,64	1,90	74,44	4,50	6,12	1,34	1,06	7094
Schlägel und Eisen . . .	9,12	1,44	77,19	4,75	4,78	1,66	1,06	7419
Königsgrube	12,97	1,90	71,78	4,36	6,40	1,64	0,95	6842
Prosper	12,53	1,78	72,00	4,45	6,56	1,57	1,11	6827
Graf Moltke	11,70	1,90	71,39	4,46	6,05	1,35	3,15	6865
Rheinelbe und Alma . . .	8,75	1,87	76,13	4,54	6,31	1,44	0,96	7313
Graf Bismarck	11,07	1,73	73,80	4,51	6,29	1,40	1,20	7008
Nordstern	8,23	2,53	75,82	4,57	6,24	1,20	1,41	7176
Mont Cenis	11,66	2,13	71,72	4,87	6,74	1,28	1,60	6903
Matthias Stinnes	6,61	2,16	77,76	4,93	5,59	1,32	1,63	7404
Unser Fritz	10,36	2,59	72,72	4,47	6,90	1,33	1,63	6923
Ewald	13,86	2,06	69,93	4,36	7,62	1,03	1,14	6626

Die Gasausbeute steigt mit der Ofentemperatur:

Ofentemperatur	Gasausbeute bei 0°, 760 mm trocken aus 100 k Rohkohle cbm	aus 100 k Reinkohle cbm
unter 1100°	26,85	31,0
1100 bis 1140°	28,80	33,2
1140 „ 1180°	30,70	35,4
1180 „ 1220°	32,23	37,2
1220 „ 1250°	33,26	38,4

Die Gaszusammensetzung war:

Gaszusammensetzung	Ofentemperaturen		
	1050°	1180°	1250°
CO_2	2,7	2,6	2,4
CnHm	4,2	3,7	3,7
O_2	0,4	0,9	0,6
CO	9,5	9,4	10,2
H_2	49,8	50,6	52,8
CH_4	29,7	29,6	28,9
N_2	3,7	3,2	1,4

[1] Journ. f. Gasbel. 1909, 725.

Gasproduktion (0°, 760 mm) aus 100 k Kohlen für jede Viertelstunde:

Zeit		Ofentemperatur 1070°		1170°		1245°	
15 Min.	1. Std.	0,825	4,97 cbm	1,430	8,040 cbm	2,695	10,970 cbm
30 ,,		1,24		2,145		2,695	
45 ,,		1,45		2,145		2,885	
60 ,,		1,45		2,320		2,695	
15 Min.	2. Std.	1,45	5,80 cbm	2,145	7,668 cbm	2,695	10,780 cbm
30 ,,		1,45		1,967		2,695	
45 ,,		1,45		1,788		2,695	
60 ,,		1,45		1,788		2,695	
15 Min.	3. Std.	1,45	5,59 cbm	1,788	6,974 cbm	2,120	7,315 cbm
30 ,,		1,45		1,788		1,925	
45 ,,		1,45		1,788		1,730	
60 ,,		1,24		1,610		1,540	
15 Min.	4. Std.	1,24	4,75 cbm	1,430	5,184 cbm	1,155	2,880 cbm
30 ,,		1,24		1,430		0,575	
45 ,,		1,25		1,252		0,575	
60 ,,		1,025		1,072		0,575	
15 Min.	5. Std.	1,025	3,70 cbm	0,894	2,502 cbm	0,575	1,151 cbm
30 ,,		1,025		0,715		0,192	
45 ,,		0,825		0,536		0,192	
60 ,,		0,825		0,357		0,192	
	5. Std.		24,81 cbm		30,368 cbm		33,096 cbm

Schwefelwasserstoff in Vol.-Proz. des Rohgases;

Zeit Std.	Min.	Ofentemperatur 1050°	1165°	1250°
—	15	1,43	1,52	1,39
—	45	1,52	1,25	1,19
1	15	1,06	1,10	0,79
1	45	1,01	0,93	0,72
2	15	—	0,71	0,49
2	45	0,77	0,62	0,49
3	15	0,72	0,49	0,47
3	45	0,58	0,49	0,43
4	15	0,37	0,37	0,35
4	45	0,25	0,23	0,17

Prozentische Verteilung des Heizwertes der Kohle (Fig. 10):

Fig. 10.

Ammoniak im Rohgas in Gramm für 100 cbm Gas:

Zeit Std.	Min.	Ofentemperatur 1050°	1165°	1250°
—	15	113,8	159,0	75,8
—	45	179,5	336,5	229,5
1	15	339,0	398,5	334,0
1	45	400,0	302,5	306,5
2	15	472,0	238,5	266,5
2	45	422,0	188,5	151,4
3	15	362,0	—	45,7
3	45	339,0	126,5	261,1
4	15	292,0	80,5	6,5
4	45	272,0	27,8	0,0

Weitere Versuche für Ammoniak und Cyan ergaben:

Kohle	Stickstoff der Rohkohle %	Temperatur ° C	NH_3 für 100 k Kohle g	Vom N der Kohle %	HCN aus 100 k Kohle g	Vom N der Kohle %
Dahlbusch	1,68	1180	239	11,70	64	1,97
		1210	241		64	
Ewald Fortsetzung .	1,63	1140	300	14,40	98	4,10
		1240	271		161	
Königin Elisabeth .	1,46	1170	278	14,60	60	2,41
		1225	244		75	
Königsgrube . . .	1,64	1115	233	10,50	84	3,48
		1215	187		135	
Prosper	1,57	1190	266	13,00	63	2,11
		1230	237		65	
Graf Moltke . . .	1,35	1115	257	13,50	75	3,35
		1205	203		100	

Das Verhalten des Stickstoffes bei der Entgasung der Kohlen ist wichtig für die Ammoniakgewinnung. Nach *Foster*[1] wurden

als Ammoniak entwickelt	14,50%
„ Cyan entwickelt	1,56%
„ freier Stickstoff entwickelt	35,26%
Im Koks blieben zurück	48,68%

Foster erhitzte nun den Koks im eisernen Rohre und leitete Dampf hindurch: von 100 T. Stickstoff im Koks bildeten jetzt noch 61,6 T. Ammoniak, 35% blieben im Koks zurück, 3,4 T. als Rest unbestimmt. Dabei verlor aber der Koks 42% am Gewicht. — *Knublauch*[2] fand folgende Verteilung des Stickstoffs auf die einzelnen Stickstoffprodukte bei zwei westfälischen Kohlen und einer Saarkohle:

	Stickstoff auf Kohle bezogen:			Vom Stickstoff in %:		
	Westfälische Kohle I.	Westfälische Kohle II.	Saarkohle	Westfälische Kohle I.	Westfälische Kohle II.	Saarkohle
Koks	0,4660	0,526	0,7510	30,0	35,6	63,9
Gas	0,8560	0,6964	0,1896	55,0	47,1	16,1
Ammoniak . . .	0,1850	0,2086	0,1874	11,9	14,1	15,9
Cyan	0,0268	0,0268	0,0480	1,8	1,8	4,1
Teer	0,0212	0,0212		1,3	1,4	
Kohle	1,550	1,479	1,760	100	100	100

Schilling[3] entgaste Kohlen in einer Gasretorte. Folgende Tabelle zeigt die ermittelte Gasausbeute aus 150 k Kohlen innerhalb 4 Stunden und den Ammoniakgehalt von 1 cbm Gas ohne oder mit 2,5% Kalkzusatz:

[1] Journ. Chem. Soc. 1883, 105.

[2] Journ. f. Gasbel. 1883, 440; 1895, 753.

[3] Inaug.-Diss. München 1887.

n te halbe Stunde	Ohne Kalk				Mit Kalk			
	Versuch I		Versuch II		Versuch III		Versuch IV	
	Gas cbm	NH_3 g	Gas cbm	NH_3 g	Gas cbm	NH_3 g	Gas cbm	NH_3 g
	I. Westfälische Kohle.							
1	7,66	8,83	8,46	8,06	7,94	9,84	6,26	11,03
2	7,13	10,67	7,04	10,22	6,45	11,83	5,37	12,46
3	7,13	10,73	6,42	9,76	5,90	11,38	5,01	12,26
4	6,60	9,23	5,89	8,45	5,72	10,35	4,83	11,87
5	6,06	7,85	5,63	6,29	5,18	9,77	4,84	10,38
6	5,36	6,81	5,09	5,57	4,82	8,17	4,48	8,95
7	4,12	5,50	4,38	4,65	4,23	6,94	4,48	7,59
8	1,74	4,32	2,17	3,15	2,57	5,79	2,79	6,03

Nach *Jicinsky*[1] beträgt der nutzbare Ammoniakstickstoff:

Flöz (Ostrau)	Gesamtgehalt an N in % der lufttrocknen Kohle	Hiervon zu NH_3 Gewinnung verwendbarer N		Gibt NH_3 in % von der Kohle	Umgerechnet auf $(NH_4)_2SO_4$	Gewinnbarer Teer in %
		Vom Gesamt-Stickstoffgehalt	In % von der Kohle			
Johann	1,31	0,140	0,184	0,244	0,94	1,7
Adolf	1,76	0,126	0,222	0,270	1,04	1,7
Günther	1,43	0,120	0,172	0,210	0,81	1,3
Franziska	1,52	0,089	0,135	0,165	0,64	2,6
Juliana	1,30	0,134	0,175	0,213	0,82	1,8

Nach *Leod*[2] fanden sich vom Stickstoff der Kohle im

Koks	58,3%
Teer	3,9%
Ammoniak	17,1%
Cyan	1,2%
Gas (Differenz)	19,5%

Nasse Kohle liefert mehr Ammoniak, Teer, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff als trockene. Große Hitze erhöht die Cyanausbeute, zugleich aber auch den Stickstoffgehalt des Kokes.

Nach *Short*[3] verteilte sich der Stickstoff bei der Kokerei:

	In %	In % der trockenen Kohle	In % des Gesamtstickstoffs	
Stickstoff im Koks	0,89	0,680	—	43,31
,, im Teer	1,17	0,047	—	2,98
,, als Ammoniak im Gaswasser	1,52	0,237	15,100	15,16
,, im reinen Gas	—	0,001	0,060	
,, als Cyan im Gaswasser . . .	0,036	0,0035	0,226	1,43
,, im reinen Gas	—	0,0183	1,170	
,, als Rhodan im Gaswasser . .	0,013 S	0,0005	0,033	
,, als Element aus der Differenz	—	0,5827	—	37,12
Summa		1,5700		100,00

[1] Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1889, 527.
[2] Journ. Soc. Chem. Ind. 1907, 137.
[3] Journ. f. Gasbel. 1907, 942.

Nach *M. Mayer* und *V. Altmayer*[1] wird die Ammoniakbildung durch die Zusammensetzung der Kohle beeinflußt. Saarkohle Heinitz lieferte z. B. bei dreistündiger Erhitzung:

Temperatur in °	Anheizdauer in Min.	Stickstoff in % des Gesamtstickstoffs				Koksausbeute in % der Kohle	Stickstoffgehalt des Koks in %
		im Koks	im Ammoniak	als Element	im Rest (Cyan, Teer)		
600	30	72,4	10,6	5,13	11,87	69,6	1,18
700	40	70,1	19,6	7,98	2,32	68,1	1,16
800	54	65,2	21,7	9,43	3,67	65,5	1,125
900	75	62,1	20,8	15,61	1,49	65,0	1,08

Fast sämtliches Ammoniak wurde schon während der Anheizdauer gewonnen. Eine andere Kohle mit 8% eisenhaltiger Asche lieferte:

Temperatur in °	Anheizdauer in Min.	Stickstoff in % des Gesamtstickstoffs				Koksausbeute in % der Kohle	Stickstoffgehalt des Koks in %
		im Koks	im Ammoniak	als Element	im Rest (Cyan, Teer)		
600	30	82,33	5,99	3,01	8,67	79,66	1,364
700	40	80,83	11,98	6,15	1,04	78,82	1,354
800	54	78,21	15,28	6,41	0,10	77,76	1,325
900	75	74,18	14,82	10,34	0,66	75,29	1,301

Ammoniak zerfällt beim Erhitzen in Stickstoff und Wasserstoff. Nach *Ramsay* und *Young*[2] beginnt unter den für die Zersetzung günstigen Bedingungen (d. h. bei Anwendung einer Eisen- oder Porzellanröhre oder einer Glasröhre, welche mit Asbest gefüllt ist) dieselbe schon bei 500°. Bei 780° ist dieselbe fast ganz vollständig. Bei Anwendung von Glasgefäßen zur Erhitzung beginnt die Zersetzung erst bei ungefähr 780°. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Gas die Röhre durchzieht, also die Dauer der Erhitzung, ist von sehr großem Einfluß auf die Zersetzung. Die Natur der Oberfläche des Erhitzungsgefäßes ist von großer Wichtigkeit für die Zersetzung. Da somit Ammoniak bei höheren Temperaturen zerfällt, so spielt die Einrichtung der Entgasungsöfen eine wichtige Rolle bei dem Ammoniakausbringen. Je höher der Gehalt des Gases an Ammoniak, je größer die glühende Oberfläche ist und je länger das Gas mit dieser in Berührung bleibt, um so geringer muß die erhaltene Ammoniakmenge werden; die Art und Weise, sowie die Schnelligkeit, mit welcher das Gas dem Einfluß hoher Temperaturen entzogen wird, ist von wesentlicher Bedeutung. Gegenwart von Kohlensäure bzw. Kohlenoxyd befördert die Entgasung des Stickstoffs der Kohle bei hoher Temperatur, jedoch wird das ursprünglich entstandene Ammoniak zum großen Teil gleichzeitig in die Elemente gespalten. Seine Zerfallstendenz wird durch Katalysatoren, z. B. Eisen und Eisenoxyde, befördert; es kann

[1] Journ. f. Gasbel. 1907, 25.

[2] Journ. Soc. Chem. Ind. 1884, 157.

daher der Aschengehalt der Kohlen unter Umständen für die Gewinnung von Ammoniak nachteilig werden. Schwankungen in der Ammoniakmenge bei verschiedener Verarbeitung derselben Kohle sind also leicht erklärlich. So gibt die Entgasung in wagerechten Retorten kleinere Ammoniakmengen als in stehenden Retorten oder bei der Destillation in Kokereien. In wagerechten Retorten streicht das Gas bzw. das Ammoniak den glühenden Wandflächen entlang über die Kohle hinweg und hat in hohem Maße Gelegenheit, zu zerfallen. In stehenden Retorten dagegen entweicht das Ammoniak rasch aus der völlig angefüllten Retorte durch die kühlen Schichten des Kohlenkerns. Das Maximum des Ammoniakausbringens liegt bei der trockenen Destillation bei etwa 800°, höhere Temperaturen treiben zwar mehr Stickstoff ursprünglich wohl als Ammoniak aus, letzteres zerfällt jedoch in seine Elemente und vermehrt damit die Menge des elementaren Stickstoffs.

Wird nach der dreistündigen Entgasung der Kohle Wasserdampf über den Koks geleitet, so wird noch ein großer Teil des Koksstickstoffs in Ammoniak übergeführt. Saarkohle gab z. B.:

	Dauer der Versuche	Ammoniakausbeute in % des Gesamtstickstoffs bei Temperaturen von			
		600° %	700° %	800° %	900° %
Entgasung . . .	3 Stunden	10,83	19,17	21,38	20,57
Wasserdampf . .	6 Stunden	13,04	20,85	23,12	23,84
	9 „	3,17	8,53	9,64	5,35
	12 „	1,84	5,10	6,12	2,21
	15 „	0,17	3,17	3,71	—
	18 „	—	1,50	2,14	—
	21 „	—	—	1,12	—
Gesamtammoniak in % des N der Kohle		29,05	58,32	67,23	51,97

Die Verteilung des Schwefels auf die verschiedenen Produkte bei der Entgasung von Durham-Kohle im Koksofen war nach *A. Short*[1]:

	In Proz.	In Proz. der trockenen Kohle	In Proz. des Gesamtschwefels	
Schwefel im Koks	0,782	0,598	—	72,53
„ „ Teer	0,300	0,012	—	1,45
„ als Schwefelwasserstoff im Gas pro 1 cbm	84,96 g	0,153	18,56	24,00
„ im Gaswasser	0,237	0,045	5,44	
„ in anderer Form im Gas pro 1 cbm. .	5,27	0,009	1,149	1,72
„ im Gaswasser	0,025	0,004	0,574	
„ Differenz (Verlust usw.)	—	0,003	—	0,30
Summa		0,824		100,00

[1] Journ. f. Gasbel. 1907. 731 u. 942.

Vergasung.

Für die Vergasung des Kohlenstoffes durch Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser kommen zunächst folgende Reaktionen in Frage (1 hw = 100 w):

Reaktion	Wärme im Feuerraum	Brennwert des erhaltenen Gases
1. $C + O_2 = CO_2$	976 hw	0
2. $C + O = CO$	294 „	682 hw
3. $C + CO_2 = 2\,CO$ [1]	— 388 „	1364 „
4. $C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2$ [2] .	— 188 „	1164 „
5. $C + H_2O = CO + H_2$	— 288 „	1261 „

Demnach wird bei der Vergasung des Kohlenstoffes nur durch freien Sauerstoff Wärme entwickelt, während bei gebundenem Sauerstoff Wärme gebunden wird. 12 k Kohlenstoff geben demnach mit 32 k oder 22,2 cbm Sauerstoff 44 k oder 22,2 cbm Kohlensäure unter Entwicklung von 976 hw. (Vgl. S. 18.) Die Wärmetönung ändert sich allerdings nach *Kirchhoff* mit der Temperatur. Die Änderung hängt ab von den spezifischen Wärmen der beim Umsatz verschwindenden und entstehenden Stoffe; für vorliegenden Zweck kann diese vernachlässigt werden.

Ob beim Verbrennen von Kohlenstoff in Sauerstoff unmittelbar Kohlenoxyd oder Kohlensäure entsteht, ist eine Streitfrage.

H. B. Baker[3], *H. B. Dixon*[4], *H. v. Jüptner*[5], *H. E. Armstrong*[6], *H. Strache*[7] u. A. behaupten, Kohlenstoff verbrenne zunächst zu Monoxyd, welches dann erst zu Dioxyd verbrennt:

$$C_2 + O_2 = 2\,CO;\ 2\,CO + O = 2\,CO_2.$$

Wird Holzkohle im Sauerstoff erwärmt, so beginnt nach *O. Moville*[8] die Bildung von Kohlensäure bei 85°, die Entzündung bei 349°.

Kohle im Sauerstoff erwärmt, gibt nach *Lang*[9] bei 500° Kohlensäure, nur bei örtlich höherer Erhitzung auch Kohlenoxyd. Mit steigender Temperatur nimmt der Gehalt an Kohlenoxyd zu.

---

[1] Zur Zersetzung von CO_2 sind 976 hw erforderlich, bei der Bildung von 2 CO werden 588 hw frei, somit 388 hw gebunden.

[2] Zur Zersetzung von 2 H_2O (als Wasserdampf von 20°) sind 1164 hw erforderlich, bei der Bildung von CO_2 werden 976 hw frei, folglich — 188 hw.

[3] Journ. Chem. Soc. (1885) 45, 349.

[4] Journ. Chem. Soc. (1896) 119, 759; Chem.-Ztg. 1899, 433.

[5] *H. v. Jüptner:* Beiträge zur Theorie des Generator- und des Wassergases (Stuttgart 1904) S. 27.

[6] Journ. Soc. Chem. Ind. 1905, 473.

[7] Journ. f. Gasbel. 1903, 434.

[8] Bull. Soc. d'encourag. (1906) 105, 347.

[9] Zeitschr. f. physikal. Chemie 1888, 168.

Naumann und *Ernst*[1] leiteten über Koks, welcher in einem Porzellanrohre erhitzt wurde, Luft; die Temperatur wurde mit dem thermoelektrischen Pyrometer von *Le Chatelier* bestimmt. Analysen der Gasproben ergaben:

Länge der Kohlenschicht	In 1 Minute aufgefangene Stickstoffmenge	Temperatur	Gasanalysen in Volumprozenten		
cm	ccm		CO_2	O	CO
17	19,9	375°	0,5	20	0
10	6,1	495	19	0	1,6
11	2,5	675	19,8	0	1,1
33	17,9	700	19,3	0,3	2,5
44	35,8	750	19,4	0	2,7
10	8,9	800	17,9	0	5,9
11	10,8	875	11	0	14,7
11	24,5	900	10,1	0	15,8
11	1,2	950	0,6	0	31,5
11	2,2	1000	0	0	34,2

Als statt Luft Kohlensäure eingeleitet wurde, bestand das austretende Gas bei 850° aus 60,9% CO_2 und 38,9% CO, bei 1060° aus 2,1% CO_2 und 97,9% CO.

Hempel[2] versuchte die Verwendung von sauerstoffreicher Luft, sog. Linde-Luft (50% Sauerstoff), zur Herstellung von Generatorgas; die verwendete Einrichtung gestattete nur 0,55 bis 1,5 k Brennstoff zu vergasen. Der Versuch mit Koks ergab z. B. bei 980° Anfangstemperatur und 1450° Endtemperatur ein Gas folgender Zusammensetzung:

Kohlensäure	13,3%
Kohlenoxyd	34,0%
Wasserstoff	1,3%
Stickstoff	51,4%

also trotz der sehr hohen Temperatur sehr viel Kohlensäure.

Euchène[3] untersuchte (i. J. 1900) Gasproben aus verschiedenen Höhen der Koksschicht eines Gaserzeugers:

Gasentnahme über dem Rost	30 cm		60 bis 70 cm		1 m	
	I	II	I	II	I	II
Kohlensäure	17	8	10	6	4	2
Kohlenoxyd	0	0	11	23	26	28
Sauerstoff	2	9,5	0	0	0	0

Zunächst wird also nur Kohlensäure gebildet, dann, wenn der Sauerstoff verbraucht ist, durch Reduktion der Kohlensäure, Kohlenoxyd.

Versuche von *W. Wielandt*[4] mit einer kleinen, nur 135 cc fassenden Tonzelle ergaben, daß das Verhältnis des Kohlenoxyds zu Kohlensäure mit steigender Temperatur und steigender Berührungsdauer zunimmt:

[1] Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, 525.

[2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, 1656.

[3] *Deschamps:* Les Gazogènes (Paris 1902).

[4] Journ. f. Gasbel. 1903, 201; Fischers Jahresber. 1903, 53.

Temperatur . . . °	870	1000	1150	1260	1350	1460
Luft . . . . . . l st	350	295	500	1030	1140	710
Geschwindigkeit . mm/sk	58	48	82	170	188	117
Schichthöhe . . . mm	63	57	62	57	34	38
Berührungszeit . sk	1,09	1,19	0,76	0,34	0,18	0,32
Analyse CO_2	19,22	18,23	17,15	16,56	17,71	14,66
Analyse O_2	0,24	—	—	—	0,02	0,10
Analyse CO	1,62	2,67	4,78	6,80	4,54	8,63

Bei 1550° Hitze 11 und 13 cm über dem Rost entnommene Gasproben enthielten:

	11 cm	13 cm
Kohlensäure	14,1	11,0
Kohlenoxyd	10,2	15,6

Weitere Versuche mit einem kleinen Ofen von 22 cm Höhe ergaben:

Korngröße Durchmesser mm	12	12	12	15	15	15	15	25	25	25	25
Analyse Prozent CO_2	13,42	11,17	16,0	19,54	17,66	12,29	18,97	12,55	13,59	15,99	17,45
O_2	—	—	—	0,23	0,23	8,16	0,59	1,17	6,98	3,91	0,98
CO	9,56	15,42	6,3	1,26	5,78	0,03	0,93	11,06	—	0,08	0,26
Luftmenge l/min.	25	25	62	42	48	52	52	52	50	50	50
Geschwindigkeit cm/sk	4,4	4,4	10,9	7,4	8,4	9,1	9,1	9,1	8,7	8,7	8,7
Schichthöhe cm . . .	3,5	15,5	3,5	5,5	10,5	1,5	4,5	9	14,5	17	19,5
Berührungszeit sk	0,80	3,54	0,32	0,75	1,25	0,16	0,49	0,99	1,66	1,94	2,23

Die Wechselwirkung zwischen Kohlenstoff und Kohlendioxyd:

$$C + CO_2 \rightleftarrows 2\,CO$$

untersuchte *Rathke* (1881) durch Erhitzen von Kohle mit Kohlensäure im zugeschmolzenen Rohr. Nach *Naumann* und *Pistor*[1] beginnt die Reduktion von Kohlendioxyd durch Holzkohle bei etwa 530°; dann:

Länge der Kohlenschicht	Temperatur etwa	Gasblasen in der Sekunde	Kohlenoxydgehalt d. austr. Gases
30	800	1	12,7%
24	860 bis 950°	1,7	58,3%
10	950 „ 1050°	1,2	94,2%
57	860 „ 950°	3	90,7%
2	1030 „ 1100°	3	18,1%

Ähnliche Versuche machte *Lang* (a. a. O.).

Holzkohle mit atmosphärischer Luft unter Atmosphärendruck auf 860° erhitzt, ergab nach *Boudouard*[2]:

[1] Berichte d. deutsch. chem. Ges. 1885, 1647 u. 2894.

[2] Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 128,822; Annales de Chim. et de Phys. (1902) 24, 5.

Dauer der Erhitzung	CO_2	CO
8 Minuten	56,4	43,6
1 Stunde	38,4	61,6
2 Stunden	28,6	71,4
6 „	14,7	85,3
7½ „	9,1	90,9
9 „	6,0	94,0

Holzkohle in Kohlensäure auf 550° erhitzt, ergab nach:

	CO_2	CO
1 Stunde	94,3	5,7
7 Stunden	93,6	6,4
10 „	89,7	10,3

Ferner gab ein Gemenge von 27% Kohlenoxyd und 73% Stickstoff bei 800° über Kohle geleitet, 0,6% Kohlensäure. Kohlenoxyd mit Holzkohle auf 550° erhitzt, gab nach 1 Stunde 94% Kohlensäure und 6% Kohlenoxyd. Kohlensäure mit Holzkohle in Nußgröße auf 650° erhitzt, ergab:

Dauer der Erhitzung St.	Min.	CO_2 %	CO %
—	8	81,8	18,2
1	4	71,7	28,3
6	—	65,2	34,8
8	—	63,1	36,9
9	—	62,4	37,6
12	—	61,5	38,5

Kohlensäure mit Holzkohle oder Koks in haselnußgroße Stücken auf 800° erhitzt, ergab:

Dauer der Erhitzung		Holzkohle		Koks	
St.	Min.	CO_2 %	CO %	CO_2 %	CO %
—	8	17,1	82,9	83,6	16,4
1	—	6,1	93,9	—	—
1	30	—	—	42,6	57,4
6	—	6,7	93,3	11,0	89,0
9	—	—	—	12,8	87,2

mit Stücken von 2 bis 5 mm:

Dauer der Erhitzung		Holzkohle		Koks	
St.	Min.	CO_2 %	CO %	CO_2 %	CO %
—	8	39,9	60,1	79,1	20,9
1	—	9,9	90,1	39,8	60,2
6	—	6,3	93,7	15,6	84,4

Kohle im Kohlensäurestrom auf 925° erhitzt, ergab nach 30 Minuten 3,3% CO_2, nach 1½ Stunden 4,5% CO_2. Danach ist die Zersetzung der Kohlensäure auch bei 925° nicht vollständig.

M. Meyer und *J. Jacoby*[1] leiteten über Zuckerkohle Kohlensäure oder Kohlenoxyd; sie berechnen folgende Gleichgewichte zwischen Kohlensäure und Kohlenoxyd, verglichen mit dem Ergebnisse von *Boudouard*:

[1] Journ. f. Gasbel. 1909, 282.

Temperatur	Berechnete Werte aus der Konstante $7{,}9_2$		Berechnete Werte aus der Konstante $8{,}7_5$		Boudouards Werte	
	Proz. CO_2	Proz. CO	Proz. CO_2	Proz. CO	Proz. CO_2	Proz. CO
400°	99,78	0,22	—	—	—	—
450	98,07	1,93	97,08	2,92	97,8	2,2
500	95,44	4,56	—	—	94,6	5,4
550	90,41	9,59	85,77	14,23	88,0	12,0
600	81,98	18,02	—	—	76,8	23,2
650	69,63	30,37	—	—	60,2	39,8
700	54,44	45,56	39,89	60,11	41,3	58,7
750	—	—	24,06	75,94	24,1	75,9
800	—	—	13,10	86,90	12,4	87,6
850	13,55	86,45	6,79	93,21	5,9	94,1
900	—	—	3,60	96,40	2,9	97,1
950	4,15	95,85	1,88	98,12	1,4	98,6
1000	—	—	1,03	98,87	0,9	99,1

J. K. Clement[2] bestätigt durch umfassende Versuche, daß die Umwandlung $CO_2 + C = 2\,CO$ um so schneller und vollständiger vor sich geht, je höher die Temperatur ist, unter welcher sie geschieht; die Geschwindigkeit dieser Reaktion bei verschiedenen Kohlensorten ist verschieden, sie verläuft z. B. bei Verwendung von Holzkohle, besonders bei geringen Durchströmungsgeschwindigkeiten des Gases durch die Röhre wesentlich schneller als bei Koks oder Anthrazit u. dgl. m. Er empfiehlt für Generatoren möglichst 1300° zu halten.

Tatsächlich ist es noch niemanden gelungen, die direkte Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd analytisch nachzuweisen. Jedenfalls könnte diese Bildung von Kohlenoxyd nur in einer unmeßbar dünnen Schicht auf der Oberfläche der Kohle stattfinden, da das Kohlenoxyd doch sofort wieder durch den freien Sauerstoff zu Kohlensäure verbrennen würde. *Dixon*[3] erhielt beim Überleiten von Kohlensäure mit 8% Sauerstoff bei 500° nur 1% Kohlenoxyd, während es 5% sein müßten, wenn Kohlenoxyd primär gebildet wäre. Es bildet sich also erst Kohlendioxyd, dann nach $C + CO_2 = 2\,CO$ Kohlenoxyd. Die Gleichungen (2) und (5) S. 57 sind also hinfällig. Die Behauptung, der Gleichgewichtszustand stelle sich momentan ein, so daß die Zusammensetzung des Gases nur von der Temperatur abhänge[4], ist durch alle Versuche (S. 58 bis 60) widerlegt. Während in Gasgemischen der Gleichgewichtszustand sehr rasch, oft augenblicklich eintritt, handelt es sich hier um eine sog. heterogene Reaktion, bei welcher der Vorgang zwischen zwei nicht mischbaren Anteilen, hier der festen Kohle und deren gasförmigen Oxydationsprodukten, erfolgt. Die Geschwindigkeit derartiger Reaktionen ist von der Natur der beteiligten Stoffe, der Temperatur und

[2] University of Illinois Bulletin 1909, Nr. 16.
[3] Journ. Chem. Soc. 1899, 630.
[4] Wie auch *v. Jüptner* annimmt: *H. v. Jüptner:* Beiträge zur Theorie des Generator- und des Wassergases (Stuttgart 1904).

endlich von der Ausdehnung der Berührungsfläche abhängig. Sie ist aber nicht abhängig von der Menge der beteiligten Stoffe. Zu beachten ist ferner, daß freier Sauerstoff viel rascher auf Kohle wirkt als gebundener. So wirkt nach *P. Farup*[1] Sauerstoff auf Bogenlampenkohle schon bei 450° mit derselben Geschwindigkeit wie Kohlendioxyd und Wasserdampf bei 850°. Jedenfalls muß freier und noch mehr gebundener Sauerstoff stundenlang auf Kohle einwirken, um den Gleichgewichtszustand zu erreichen.

Die Geschwindigkeit der „reversiblen Reaktion"

$$2\,CO \rightleftarrows C + CO_2$$

hängt also nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Dauer der Erhitzung und von der Art und Form des Brennstoffes ab. In Generatoren wird der Gleichgewichtszustand nie erreicht, so daß Berechnungen über die Vorgänge im Generator, wie sie *v. Jüptner*[2] u. A. ausführten, keinerlei praktischen Wert haben.

Daß Wasserdampf, über glühende Kohlen geleitet, Wasserstoff nebst Kohlensäure und Kohlenoxyd bildet, ist schon lange bekannt[3]. Das durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohlen erhaltene Gas hatte nach *R. Bunsen*[4] auf 2 Vol. CO_2 1 Vol. CO. Nach *Langlois*[5] ergab Holzkohle, möglichst stark in einem Porzellanrohr erhitzt, im Vergleich mit Koks

	Holzkohle	Koks
Wasserstoff	49,6%	54,5%
Kohlenoxyd	42,2%	31,9%
Kohlensäure	6,0%	12,0%
Methan	2,2%	1,6%

J. H. Long[6] leitete über rotglühende Holzkohle Wasserdampf; die halbstündig genommenen Proben hatten folgende Zusammensetzung:

	I	II	III	IV
H_2	52,9	53,7	64,2	64,2
CO_2	19,9	24,4	30,3	30,7
CO	26,9	21,5	5,1	4,8
N	0,3	0,4	0,4	0,3

Leider sind die Temperaturen nicht angegeben. — Die Einwirkung von Wasserdampf auf Braunkohlenkoks beginnt nach Versuchen des Verf.[7] bei etwa 400°, nach *Lang*[8] die auf Gaskoks bei etwa 530°. Bei 630° und langsamem Strom zeigte das austretende Gas folgende Zusammensetzung:

---

[1] Zeitschr. f. anorgan. Chemie (1906) 50, 276.

[2] *H. v. Jüptner:* Beiträge zur Theorie des Generator- und des Wassergases (Stuttgart 1904).

[3] Gilberts Annalen 9, 85 u. 423; 22, 64.

[4] Poggend. Annalen 46, 207.

[5] Wagners Jahresber. 1859, 639.

[6] Liebigs Annalen (1878) 192, 288.

[7] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1883, 1306.

[8] Zeitschr. f. physikal. Chemie 1888, 163; Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1885, 1647 u. 2894.

Kohlensäure	20,4%
Kohlenoxyd	0,9%
Wasserstoff	39,8%
Stickstoff	38,9%

Retortengraphit im Wasserdampfstrom ergab:

110 cc Gas aufgesammelt in	Temperatur	Zusammensetzung des Gases			
		CO_2	CO	H	N
24 Stunden	814 bis 861	13,4	8,8	56,0	21,8
8 „		16,2	10,8	62,2	10,8
1¾ „	861 bis 954	22,5	6,1	68,0	3,4
14 Minuten		20,0	10,3	68,3	1,4
8 „	954 bis 1054	19,4	13,7	65,7	1,2
8 „		17,5	16,0	65,3	1,2
8 „		18,3	17,3	62,0	2,4
8 „		18,4	16,9	62,1	2,6

Harries[1] leitete Wasserdampf durch ein mit Kohlenstückchen gefülltes Porzellanrohr:

Gasstrom in der Minute l	Temperatur	CO_2	CO	H_2	H_2O
0,9	674	3,84	0,63	8,41	87,12
1,8	758	9,23	2,67	22,28	65,82
3,66	838	11,29	6,04	28,68	54,09
3,28	838	12,11	7,96	32,77	47,15
5,3	861	13,33	11,01	36,48	39,18
6,3	954	5,66	32,70	44,43	17,21
6,15	1010	1,45	48,20	47,30	3,02
9,8	1060	1,25	46,31	48,84	3,68
11,3	1125	0,60	48,34	50,73	0,30

Nach *E. Meyer*[2] wurden beim Einblasen von 0,61 bzw. 0,64 k Wasserdampf auf 1 k Koks 69 bzw. 48% Wasserdampf zersetzt. Gasanalysen ergaben in beiden Versuchsreihen:

	I	II	III	Mittel	I	II	III	Mittel
CO_2 .	6,4	6,5	5,4	6,1	5,8	5,6	6,3	5,9
CO . .	26,4	25,5	27,6	26,5	26,5	27,1	26,3	26,6
CH_4 .	2,0	1,4	1,6	1,7	1,3	1,3	0,9	1,2
H . .	9,0	10,8	8,9	9,6	7,2	6,0	8,4	7,2
N . .	56,2	55,8	56,5	56,1	59,2	60,0	58,1	59,0

Nach *Engler* und *Grimm*[3] beginnt die Umsetzung von Wasserdampf und Kohlenoxyd schon bei 250 bis 300°. *Lang* (a. a. O.) leitete Kohlenoxyd

[1] Journ. f. Gasbel. 1894, 82.
[2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869, 1332.
[3] Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft 1897, 2921.

und Wasserdampf bei 950° durch ein Porzellanrohr. Prozentzusammensetzung des Gasgemisches:

	Nach ½ stündiger Einwirkung	Nach 2 stündiger Einwirkung
Kohlendioxyd	15,2	22,8
Kohlenoxyd	68,5	51,4
Wasserstoff	14,0	21,9
Stickstoff	2,3	3,9

Zusammensetzung des Gasgemisches, nachdem überschüssiger Wasserdampf eingeführt worden war:

Kohlendioxyd	39,7%
Kohlenoxyd	18,3%
Wasserstoff	38,7%
Stickstoff	3,3%

Nach *A. Naumann* und *C. Pistor* wird Kohlendioxyd durch Wasserstoff bei Temperaturen unter 900° nicht zu Kohlenoxyd reduziert. Eine Wechselwirkung zwischen Kohlenoxyd und Wasser, und zwar bis ungefähr 560°, nicht nachweisbar; bei ungefähr 600° waren 2%, bei ungefähr 900° waren 8% und bei ungefähr 954° waren 10,5% des Kohlenoxyds in Kohlendioxyd verwandelt worden. Vgl. *Horstmann*[1].

O. Hahn[2] untersuchte das Gleichgewicht

$$CO_2 + H_2 \rightleftarrows CO + H_2O.$$

Zu den Versuchen wurde ein Quarzrohr verwendet, das sich in einem Widerstandsofen befand und mit Platinfolie bzw. Platinschwamm gefüllt war. Die Versuche ergaben für:

$$K = \frac{CO,\ H_2O}{CO_2,\ H_2}$$

a) ausgehend von CO und H_2O:

	886°	986°	1086°
K =	1,19	1,54	1,95

b) ausgehend von CO_2 und H_2:

	1005°	1205°	1405°
K =	1,68	2,10	2,49

Kohlenoxyd verbindet sich nach *Dixon*[3] und *L. Meyer*[4] sehr schwer mit Sauerstoff, wenn nicht Feuchtigkeit zugegen ist. Nach *Traube*[5] bildet sich dann Wasserstoffsuperoxyd, welches die Verbrennung des Kohlenoxyds

---

[1] Liebigs Annalen 190, 228; Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1897, 65.
[2] Zeitschr. f. physikal. Chemie 1903, 513 u. 705.
[3] Chem. News 46, 151; Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1905, 2421.
[4] Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1886, 1099.
[5] Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1885, 1890.

vermittelt. Nach *Gautier* und *Helier*[1] wurden beim Erwärmen eines Gemisches von 2 Vol. Kohlenoxyd und 1 Vol. Sauerstoff in einem mit Porzellanscherben gefüllten Rohre bei den angegebenen Temperaturen folgende Kohlensäuremengen gebildet:

Temperatur	195	365	408	500	600	689	788	855
Proz. Kohlensäure	0,13	1,41	3,03	6,2	21,1	46,4	60,3	95,0

Die Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff wurde bei 180° merkbar (0,04%). Von einer bestimmten Erwärmungszeit an fand bei weiterer Zunahme der Erhitzungszeit keine Vermehrung der Wasserbildung statt; es wurden folgende Grenzwerte erreicht:

Temperatur	200	260	331	376	498	620	825	845
Proz. Knallgas verbrannt .	0,2	1,6	9,78	25,1	56,4	84,5	91,6	Explosion

Der Grenzwert der Wasserbildung wird vermindert, wenn dem Knallgase Stickstoff beigemengt wird. Bei 491° ist der Grenzwert für reines Knallgas 55%, für ein Gemisch von 3 Vol. Knallgas mit 4 Vol. Stickstoff ist er 37,58%. Nach *V. Meyer*[2] findet in Glasgefäßen die Wasserbildung aus Knallgas in zugeschmolzenen Gefäßen noch nicht bei 305° statt; die ersten Anfänge der hier noch äußerst langsam verlaufenden Reaktionen zeigen sich bei 448°, während eine rasche Wasserbildung erst bei 518° vor sich geht. Ist aber das Glasgefäß innen versilbert, so verbinden sich schon bei 183° innerhalb zwei Stunden etwa 90% des angewandten Knallgases zu Wasser. Langsam durch ein Glasrohr geleitetes Knallgas, feucht wie trocken, explodiert zwischen 650 und 730°.

Werden Gemische von Wasserstoff und Kohlenoxyd mit unzureichenden Mengen Sauerstoff erhitzt, so verbrennt nach Versuchen von *R. Bunsen*[3], *E. v. Meyer*[4], *Horstmann*[5] und *L. Meyer*[6] wesentlich mehr Wasserstoff als Kohlenoxyd. Nach *Dixon*[7] ist dieses nicht immer der Fall.

Der Dissoziation von Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserdampf beim Erhitzen wird oft eine große Bedeutung bei Feuerungen und Gaserzeugern zugeschrieben. Manche „Erfinder" wollen sogar Wasserdampf so erhitzen, daß er völlig zerfällt; der Sauerstoff soll dann durch Kohle gebunden werden, während der Wasserstoff sich an der Reaktion gar nicht beteiligen soll.

[1] Compt. rend. Sc. 122, 566.

[2] Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1891, 4233; 1892, 622; 1893, 2421; Zeitschr. f. physikal. Chemie 11, 28.

[3] *Bunsen:* Gasometrische Methoden 1877, S. 349.

[4] Journ. f. prakt. Chemie 14, 290.

[5] Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1877, 1626; 1879, 63.

[6] Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1877, 2117.

[7] Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1905, 2421.

Bunsen[1] berechnete aus den bei der Explosion von Gasgemischen entstehenden Drucken, daß nur etwa ein Drittel der Knallgase sofort verbrennt, der Rest erst beim Sinken der Temperatur. Diese Berechnungen setzen voraus, daß die spez. Wärme von Kohlensäure und Wasserdampf konstant bleibt, was aber nicht der Fall ist (S. 17).

Nach *Deville*[2] zerfielen von Kohlensäure, welche bei 1300° über Porzellanscherben geleitet wurde, 0,2% in Kohlenstoff und Sauerstoff. Im Anschluß hieran entnahm *Cailletet*[3] einem Schweißofen Gasproben durch ein gekühltes Rohr unmittelbar über dem Feuer (I) und in 15 m Entfernung vom Rost (II), ferner an derselben Stelle durch einfaches Metallrohr (III):

	I	II	III
Kohlensäure	1,04	7,12	15,02
Kohlenoxyd	3,31	2,40	1,42
Sauerstoff	13,15	8,00	1,21
Stickstoff	82,50	82,48	82,35

Analyse I und II entsprechen nicht dem normalen Betriebe, da man mit solchen Gasen überhaupt keine Schweißhitze erhält; II und III gehören gar nicht zusammen. Diese Analysen zeigen also nur, wie sehr die Zusammensetzung der Gase in diesem Ofen schwankte.

Nach *C. Langer* und *V. Meyer*[4] kann Kohlensäure in Platingefäßen auf 1700° erhitzt werden, ohne Zersetzung. Beim Durchleiten durch ein mit Porzellanscherben gefülltes Rohr beginnt aber die Dissoziation schon bei 1300°. Nach *Mallard* und *Le Chatelier*[5] beträgt die Größe des Zerfalls von Kohlensäure bei 1500° 0,2, bei 2000° 3,5%, nach *F. Emich*[6] bei 1500° nur Spuren, bei 2000° 4,5%.

Nach Versuchen von *W. Nernst* und *v. Wartenberg*[7] geben folgende Tafeln die sicheren Zahlen für die Dissoziation des Wasserdampfes und der Kohlensäure bei verschiedenen (absoluten) Temperaturen T und Drücken (Atmosphären):

Dissoziation des Wasserdampfes (in Proz.).

T	10	1	0,1	0,01 at
1000	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	$3{,}1 \cdot 10^{-5}$	$6{,}7 \cdot 10^{-5}$	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$
1500	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	$2{,}2 \cdot 10^{-2}$	$4{,}8 \cdot 10^{-2}$	0,11
2000	0,26	0,56	1,2	2,6
2500	1,6	3,4	7,2	14,7

[1] *R. Bunsen:* Gasometrische Methoden 1857, S. 250; 2. Aufl. 1874, S. 325.

[2] *Deville:* Leçons sur la dissociation (Paris 1864); Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 56, 195 u. 729; 59, 873; 60, 317.

[3] Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 62, 891.

[4] *V. Meyer:* Pyrochemische Untersuchungen (Braunschweig 1885).

[5] Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 93, 1076; Zeitschr. f. physikal. Chemie 1888, 783.

[6] Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Wien 1905, 545.

[7] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, 1426.

Dissoziation der Kohlensäure (in Proz.).

T	10	1	0,1	0,1 at
1000	$9,8 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$9,8 \cdot 10^{-5}$
1500	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$	0,19
2000	0,74	1,6	3,5	7,3
2500	6,2	1,3	25,5	46,0

L. Löwenstein[1] fand für Kohlensäure bei 1550° eine Dissoziation von 0,4%. Für die Vorgänge im Generator hat daher die Dissoziation von Kohlensäure und Wasserdampf keine praktische Bedeutung.

Kohlenoxyd wird nach Versuchen von *C. Langer* und *V. Meyer*[2] bei etwa 1700° zum Teil zersetzt unter Abscheidung von Kohlenstoff: $2CO = C + CO_2$.

Leitet man nach *Baur* und *Gläßner*[3] Kohlenoxyd durch eine erhitzte Porzellanröhre, so wird kein Kohlenstoff abgeschieden. Wohl aber tritt diese Erscheinung auf, wenn sich Eisen oder seine Oxyde oder andere Metalloxyde oder schließlich Kohle in dem Rohr befinden. Nach *M. Mayer*[4] zerfällt Kohlenoxyd beim Leiten über Nickel bei 189° unter Bildung von 1,58% Kohlendioxyd, bei 358° zu 89,0% Kohlendioxyd. Über Tonscherben geleitet, werden erst bei 465° 1,34% Kohlendioxyd gebildet.

Bekannt sind die Kohlenstoffausscheidungen, welche aus Hochofengasen nach der Formel $2CO = CO_2 + C$ bei 300 bis 800°, am stärksten zwischen 400 und 500° stattfinden und die Mauersteine zerstören. Nach *Osann*[5] ist der Vorgang an die Anwesenheit von Eisenoxyden gebunden, nach *R. Schenck* und *F. Zimmermann*[6] an die von Eisen. — Die Angaben von *W. van Vloten*[7], daß der Ruß, welcher sich in den Gaskanälen und sog. Staubsäcken absetzt, durch Zerfall von Kohlenoxyd gebildet wird, ist fraglich.

Wasserdampf beginnt nach *Langer* und *V. Meyer* (a. a. O.) bei 1200° in sehr geringem Grade zu dissoziieren. Nach *Mallard* und *Le Chatelier*[8] ist bei der Verbrennungstemperatur des Wasserstoffknallgases in geschlossenem Raume (3480°) keine nennenswerte Dissoziation des Wasserdampfes zu bemerken (vgl. vorige Seite).

Methan beginnt nach *Lang* (a. a. O.) beim Leiten durch ein mit Porzellanstücken gefülltes Porzellanrohr bei 700° zu zerfallen. *W. A. Bone*[9] leitete

[1] Dissertation Göttingen 1905.

[2] *V. Meyer:* Pyrochemische Untersuchungen (Braunschweig 1885).

[3] Zeitschr f. physikal. Chemie 43, 354; Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1903, 117.

[4] Habilitationsschrift (München 1908).

[5] Tonind.-Ztg. 1907, 1383.

[6] Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft 1903, 1231; vgl. Zeitschr. f. physikal. Chemie 45, 199.

[7] Stahl u. Eisen 1909, 217.

[8] Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 93, 1076.

[9] Journ. f. Gasbel. 1908, 802.

Methan durch ein Porzellanrohr. Die Zusammensetzung des Gases war nach 1 Stunde:

Temperatur	800°	1015°	1115°
Methan	91,6	48,2	9,15
Wasserstoff	8,4	51,8	90,85

Nach *Berthelot*[1] zerfällt Methan bei 1300° vollständig in die Elemente.

Methan gibt nach *Coquillion*[2] mit Wasserdampf erhitzt Kohlenoxyd und Wasserstoff. Nach *Lang* gab Methan mit 2 Vol. Wasserdampf auf 954 bis 1054° erhitzt (I), desgleichen mit großem Überschuß von Wasserdampf (II) unter Abscheidung von Kohlenstoff:

	I	II
Kohlendioxyd	1,2%	5,0%
Sauerstoff	0,5%	— %
Kohlenoxyd	2,8%	9,4%
Wasserstoff	48,8%	47,1%
Methan	43,5%	37,3%
Stickstoff	3,2%	1,2%

Das Gasgemenge von Methan mit Kohlensäure hatte vor und nach dem Erhitzen folgenden Gehalt an CO_2 und CO:

Vor dem Erhitzen CO_2	Temperatur	Nach dem Erhitzen CO_2	CO
41 %	703 bis 814°	41 %	0,6%
33,3%	954 „ 1054°	26,8%	6,4%
29,4%	954 „ 1054°	20,1%	8,2%

Das Methangleichgewicht untersuchten *M. Mayer* und *V. Altmayer*[3]. Das Gleichgewicht wurde von beiden Seiten, also von Methan und von Kohlenstoff und Wasserstoff ausgehend, erreicht. Als Katalysatoren dienten sowohl Nickel wie Kobalt mit gleichem Erfolg. Hiernach wäre bei 250° fast ausschließlich Methan vorhanden, bei

400°	14 % H_2,	86 % CH_4
500°	38 % H_2,	62 % CH_4
800°	96 % H_2,	4 % CH_4
850°	98,5% H_2,	1,5% CH_4
1000°	99,5% H_2,	0,5% CH_4

Unter Verwendung von Nickel oder Kobalt als Katalisator geben Kohlenstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure mit Wasserstoff Methan:

$$CO + 3\,H_2 = CH_4 + H_2O,$$
$$CO_2 + 4\,H_2 = CH_4 + 2\,H_2O.$$

[1] Annales de Chim. et de Phys. 1905, 183.
[2] Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 86, 1197.
[3] Journ. f. Gasbel. 1909, 240 u. 326.

Auf Nickel niedergeschlagener Kohlenstoff gibt mit Wasserdampf Methan und Kohlensäure. — Es wurden ferner folgende Tabellen berechnet:

$CO_2 + CH_4 = 2\,CO + 2\,H_2$.

Absolute Temperaturen	Gleichgewicht			
	CO	H_2	CO_2	CH_4
700	3,44	3,44	46,56	46,56
800	12,83	12,83	37,17	37,17
900	29,44	29,44	20,56	20,56
1000	43,06	43,06	6,94	6,94
1100	48,10	48,10	1,90	1,90

$CH_4 + H_2O = CO + 3\,H_2$.

Absolute Temperatur	Gleichgewicht			
	CO	H_2	CH_4	H_2O
700	2,79	8,37	44,43	44,43
800	8,13	24,39	33,73	33,73
900	15,74	47,22	18,51	18,51
1000	21,42	64,26	7,17	7,17
1100	23,81	71,43	2,38	2,38

$CH_4 + 2\,H_2O = CO_2 + 4\,H_2$.

Absolute Temperatur	Gleichgewicht			
	CO_2	H_2	CH_4	H_2O
600	1,9	7,6	30,16	60,32
700	4,89	19,56	25,19	50,38
800	8,84	35,36	18,60	37,20
900	12,84	51,36	11,92	23,84
1000	15,75	63,00	7,08	14,16
1100	17,55	70,20	4,08	8,16

Da es im Gaserzeuger keine solchen Katalisatoren gibt, so werden diese Umsetzungen, bei denen viel Wärme gebunden wird, hier wenig in Frage kommen.

Für die Beurteilung der Wärmeentwicklung und Wärmebindung in Generatoren sind besonders die Reaktionen:

	Wärme im Feuerraum	Brennwert des erhaltenen Gases
1. $C + O_2 = CO_2$	976 hw	0
2. $C + CO_2 = 2\,CO$	− 388 ,,	1364 hw
3. $C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2$ . .	— 188 ,,	1164 ,,

zu beachten (vgl. S. 18). Ferner können die Reaktionen:

$2\,CO = CO_2 + C$ . . . . + 388 hw
$C + 2\,H_2 = CH_4$ . . . . + 221 ,,
$CO_2 + H_2 = CO + H_2O$ . . . . − 482 ,,

$CO_2 + 4 H_2 = CH_4 + 2 H_2O$	+ 409 hw
$CO + 3 H_2 = CH_4 + 2 H_2O$	+ 509 ,,
$CO + H_2O = CO_2 + H_2$	— 482 ,,
$CO_2 + CH_4 = 2 CO + 2 H_2$	— 609 ,,
$CH_4 + H_2O = CO + 3 H_2$	— 519 ,,
$CH_4 + 2 H_2O = CO_2 + 4 H_2$	— 409 ,,

vorkommen. In welchem Umfange dieses geschieht, ist durch weitere Versuche festzustellen. Jedenfalls sind die Reaktionen, bei denen Wärme frei wird, am wahrscheinlichsten und möglichst zu vermeiden, da hierdurch der Brennwert des Gases abnimmt. Es dürfte sich vielleicht empfehlen, Gas, dessen Temperatur unter die der Reduktion von Kohlensäure (600 bis 700°) gesunken ist, nun rasch auf etwa 200° abzukühlen.

Leuchtgas und Kokereigas.

Das Leuchtgas für Gaskraftmaschinen wird jetzt allgemein von einer Leuchtgasanstalt fertig entnommen. Diese und Kokereien unterscheiden sich wesentlich nur dadurch, daß in Gasanstalten Leuchtgas das Hauptprodukt ist, daher auf dieses bei Auswahl der Kohlen, Dichtheit der Retorten u. dgl. besonders geachtet wird, während in Kokereien der Koks das Hauptprodukt ist.

Vollständige Analysen von fertigem Leuchtgase sind bekannt: vom Heidelberger Gas von *R. Bunsen*, Königsberger Gas von *Blochmann*, Hannoversches Gas vom Verf., Berliner und Magdeburger Gas vom Jahre 1907:

	Bunsen	Blochmann	Fischer I.	Fischer II.	Berlin	Magdeburg
Benzol, C_6H_6 . . .	1,33	0,66	0,69	0,59	1,2	0,7
Propylen, C_3H_6 . .	1,21	0,72	0,37	0,64		—
Äthylen, C_2H_4 . . .	2,55	2,01	2,11	2,48	3,0	2,8
Methan, CH_4 . . .	34,02	35,28	37,55	38,75	29,4	29,5
Wasserstoff	46,20	52,75	46,27	47,60	50,3	56,4
Kohlenoxyd	8,88	4,00	11,19	7,42	10,1	5,6
Kohlensäure . . .	3,01	1,40	0,81	0,48	3,0	1,2
Sauerstoff	0,65	—	Spur	0,02	0,4	0,6
Stickstoff	2,15	3,18	1,02	2,02	2,6	3,2

Einige Gasanstalten setzen dem Leuchtgase jetzt Wassergas zu. So ergab die Gasanalyse vom Gaswerk Mülheim a. Rh. (1908) von reinem Steinkohlengas (I) folgende prozentige Zusammensetzung:

	I	II
Kohlensäure	1,8	2,3
Schwere Kohlenwasserstoffe . . .	3,9	3,0
Sauerstoff	0,5	0,0
Kohlenoxyd	7,9	15,5
Wasserstoff	48,6	50,4
Methan	35,2	26,8
Stickstoff.	2,1	1,9
Leuchtkraft	18,5 Hfl.	16,5 Hfl.
Heizwert	5480 w	5050 w

Der höchste Zusatz von Wassergas betrug 24,50%, wobei 80 g Benzol auf 1 cbm Wassergas dem Mischgas zugesetzt wurden. Das hierbei erzielte Mischgas hatte die obige Zusammensetzung II. Einige Gasanstalten leiten nach der Entgasung Wasserdampf in die stehenden Retorten. Durch Bildung von Wassergas (S. 81) wird die Gasausbeute wesentlich vergrößert, das Gas enthält aber mehr Kohlenoxyd und Wasserstoff und hat einen geringeren Brennwert[1]. Die Zusammensetzung des Leuchtgases — und auch des Kokerei-

[1] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1908, 72; 1909, 63.

gases — wird auch durch Erhitzen wesentlich geändert, wenn es also nicht rasch aus der Retorte abgeführt wird (vgl. S. 51). *Blochmann*[1] leitete Leuchtgas durch eine auf 900° bis 1000° erhitzte Röhre. Dasselbe hatte vor (I) und nach (II) dem Erhitzen folgende Zusammensetzung:

	I	II
H	49,57	61,96
CH_4	36,92	30,49
CO	5,63	5,26
C_2H_4	3,92	1,26
C_4H_8	2,99	0,17
(C_2H_2)	0,06	0,11
N	0,97	0,86

Somit zerfallen die schweren Kohlenwasserstoffe in Wasserstoff, unter Abscheidung von Kohlenstoff, Naphthalinbildung u. dgl. *J. Bueb*[2] leitete durch ein 6 cm langes Koksstück, welches in einem Porzellanrohr bis 900° erhitzt wurde, Leuchtgas:

Temperatur im Rohr	Gasanalyse CO_2	C_nH_m	O_2	CO	CH_4	H_2	N_2	Brennwert
kalt	0,5	3,1	0,1	5,3	33,8	52,6	4,6	5584 w
500°	0,8	2,5	0,2	5,4	32,1	54,1	4,9	
700°	1,0	2,8	0,2	5,3	29,6	56,6	4,5	
800°	0,8	1,4	0,1	5,4	26,5	58,8	7,0	
900°	0,8	0,4	0,0	5,3	23,45	63,6	6,45	4420 w

Das Leuchtgas wird also schon durch eine dünne glühende Koksschicht so verändert, daß die schweren Kohlenwasserstoffe unter Abscheidung von Kohlenstoff zersetzt werden; auch ein Teil des Methans wird zersetzt unter Vermehrung des Volums und Verminderung des Brennwertes. Wurde Leuchtgas mit Wasserdampf bei 900° durch das Koksstück hindurchgeleitet, so trat hierbei neben der Zersetzung des Leuchtgases eine starke Wassergasbildung auf; die durchgeleitete Gasmenge vermehrte sich im Volumen von 159 auf 288 l, also um etwa 50%, während das erzeugte Gas folgende Zusammensetzung ergab:

CO_2	1,4
C_nH_m	0,2
O_2	0,0
CO	23,6
CH_4	13,8
H_2	58,0
N_2	3,0

Ein solches Gas nähert sich also dem Wassergas[3].

Koksöfen ohne Gewinnung der Nebenprodukte lieferten mit den Entgasungsprodukten (S. 49) früher nur Abhitze zur Kesselheizung. Bei den

[1] Liebigs Annalen 173, 167.

[2] Journ. f. Gasbel. 1909, 685.

[3] Nach *W. v. Oechelhäuser* (Journ. f. Gasbel. 1909, 883) haben Versuche ergeben, daß durch Zersetzung von fertigem, gewöhnlichem Steinkohlengas in stehenden Retorten ein Ballongas von etwa 0,225 spez. Gew. in regelmäßigem Betrieb erzielt werden kann, so daß auf 1 cbm Ballongas rund 1 k Auftrieb kommt. Das „Ballongas" enthält über 80% Wasserstoff; als Kraftgas ist es nicht zu empfehlen.

Anlagen mit Gewinnung der Nebenprodukte[1] werden die Gase gekühlt, zur Abscheidung des meisten Teeres und Wassers, mit Wasser gewaschen zur Gewinnung des Ammoniaks, mit Teeröl zur Gewinnung des Benzols. Das Gas wird dann zurückgeleitet zum Heizen der Retorten, der Rest zum Heizen von Dampfkesseln[2].

Dieser letztere Anteil des Gases, der sog. Gasüberschuß, wird seit etwa 10 Jahren in fortwährend steigenden Mengen für Gaskraftmaschinen verwendet. Eine Kokerei mit 100 Öfen und 7 t Kohleneinsatz liefert bei einer Garungsdauer von 32 Stunden und einem Gasausbringen von 250 cbm für 1 t Kohlen 5800 cbm Gas. Werden 70% desselben zur Beheizung der Öfen verbraucht, so bleiben 1740 cbm Gas für Kraftzwecke verfügbar. Verbraucht die Gaskraftmaschine für 1 Stundenpferd 0,8 cbm, so genügt dieser Gasüberschuß für eine Kraftlage von rd. 2200 PS. — Den Gasüberschuß der Kokerei verwendet der Eschweiler Bergwerksverein in einer Gasmaschinenanlage, welche aus zwei Gasmaschinen von 500 PS, zwei Gasmaschinen von 1000 PS, einer Gasmaschine von 1250 PS und zwei Gasmaschinen von 2400 PS besteht. Im Bau sind noch zwei Stück zu 2600 PS, so daß im ganzen Maschinen für 12 250 PS zur Aufstellung gelangen. Bei Verwendung eines Gases von 3500 w beträgt der Wärmeverbrauch bei vollbelasteter Maschine rd. 1800 bis 2000 w PS-st[3]. — Die Maschinenbaugesellschaft Nürnberg gibt folgendes Bild der Wärmeverteilung eines Koksofens (Fig. 11):

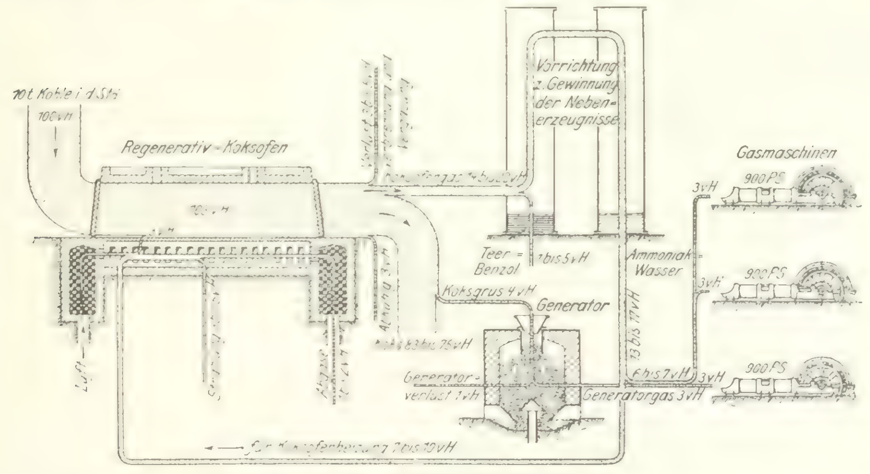


Fig. 11.

[1] *F. Fischer:* Die chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig 1901), Bd. 2, S. 61 bis 167.

[2] Im Ruhrkohlenbezirk werden mit der Abhitze von 1 k eingesetzter, nasser Kohle durchschnittlich 1,2 k Wasser verdampft; man gewinnt also in der Abhitze 1/6 der eingesetzten Kohle wieder. Bei den Öfen mit Gewinnung der Nebenprodukte kann man im Mittel 60 bis 70 cbm Gasüberschuß auf 1 t eingesetzte Kohle rechnen. Abhitze und Abgase der Nebengewinnungsöfen verdampfen zusammen nicht so viel Wasser wie die sehr reiche Abhitze der Flammöfen allein, nämlich durchschnittlich nur etwa 0,8 bis 0,9 k Wasser für 1 k eingesetzte Kohle, woran die Abhitze mit etwa 2/3, die Abgase mit etwa 1/3 beteiligt sind. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, 1393.)

[3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, 1586; 1909, 68.

Kokereigase unterscheiden sich von Leuchtgas wesentlich dadurch, daß beim Betriebe der Koksöfen mehr oder weniger Luft angesaugt wird. Versuch von *H. Koppers*[1] ergaben z. B.:

	Kokskohle				Gasflammkohle		Gaskohle	
	magere		fette					
Asche . . . . %	9,34	9,00	7,64	1,20	4,50	2,30	2,50	1,50
Tiegelausbeute nach *Muck* . . . . %	84,80	80,00	76,16	72,30	71,40	64,60	63,10	66,70
Ausbringen im Ofen an Koks . . . . %	85,93	82,75	80,97	77,33	76,38	74,04	74,48	75,87
Teer . . . . %	1,37	2,75	1,22	1,70	3,35	2,92	2,73	2,21
Sulfat . . . . %	0,96	1,27	1,28	1,30	1,35	1,53	1,29	1,52
Gaswasser . . . . . . %	3,43	3,08	4,32	6,14	5,15	6,57	5,42	5,47
H_2S . . . . %	0,27	0,58	0,31	0,25	0,37	0,34	0,14	0,17
CO_2 . . . . %	0,35	1,05	0,61	0,96	0,55	0,66	0,53	0,81
Gas für 1 t Kohle bei 0° und 760 B.	235,7	252,6	270,4	267,4	289,0	295,9	320,4	316,1
1 cbm Gas liefert . . . w	4351	4539	4910	5007	5055	5051	5230	4948
Die Gasmenge von 1 k Kohle ergibt unteren . w	1065	1166	1372	1376	1516	1545	1746	1625
Die Gasmenge von 1 k Kohle ergibt oberen . w	1214	1326	1557	1556	1711	1742	1964	1834
N_2 . . . . %	9,70	8,40	3,74	2,56	7,20	7,69	7,38	6,70
H_2	54,33	53,90	56,01	53,20	47,58	46,92	45,72	49,49
CH_4 . . . . %	30,77	31,10	32,65	33,04	35,72	34,99	35,40	33,23
C_mH_n . . . . %	1,20	2,20	3,40	3,60	3,80	4,10	5,20	3,92
CO	4,00	4,40	4,20	7,60	5,70	6,30	6,30	6,66
Gas in Gewichtsprozenten	8,65	9,88	12,57	13,63	14,20	15,18	16,80	15,47

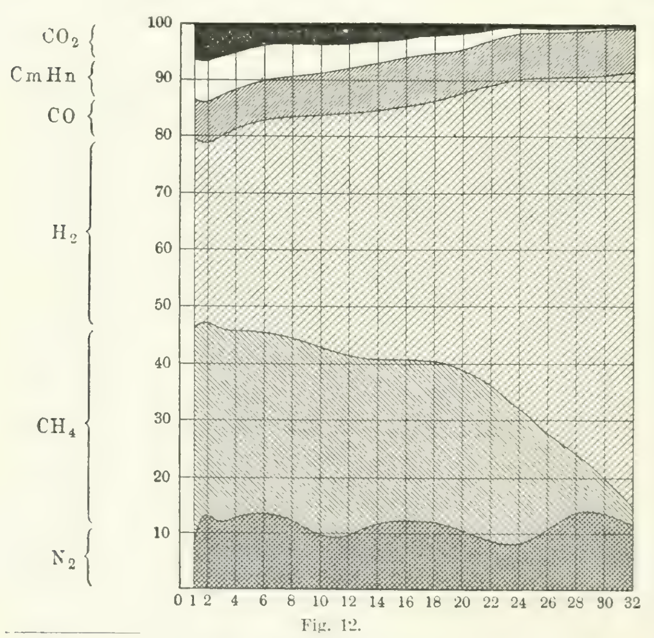


Fig. 12.

C. Schmidt[2] untersuchte das Gas aus einem Otto-Ofen neueren Systems mit Unterheizung ohne Vorwärmung der Luft auf Zeche „Matthias Stinnes“ bei Essen a. d. R. Die Proben wurden aus einer Ofenkammer während des regelmäßigen Betriebes entnommen (Fig. 12). Die Schwankungen im Stickstoffgehalt des Gases rühren daher, daß infolge von Rissen in der Ofenwand schon geringe

[1] Journ. f. Gasbel. 1908, 465 u. 1114.
[2] Journ. f. Gasbel. 1899, 244.

Druckschwankungen von 0,5 mm Wassersäule beim Absaugen des gebildeten Gases verschieden große Mengen Verbrennungsgase aus den Heizkanälen in die Ofenkammer dringen lassen. Die verwendete Kohle enthielt 13,5% Wasser, die trockene Kohle 7,5% Asche. Die Ofenfüllung betrug 62 hk trockene Kohle, welche in 32 Stunden verkokt war.

Kokereigase aus einer Koksofenbatterie nach *Otto* und *Hilgenstock* hatten nach *Short*[1] folgende Zusammensetzung:

	Nach 1 Std.	Nach 6 Std.	Nach 11 Std.	Nach 16 Std.	Nach 21 Std.	Nach 26 Std.	Im Mittel	Nach Abschaltung des Ofens vom Betriebsrohr
Kohlensäure	1,4	2,2	1,4	1,0	1,0	1,4	1,8	0,8
Ungesättigte Kohlenwasserstoffe	5,6	5,0	3,4	1,4	0,2	0,0	3,8	0,0
Sauerstoff	0,8	0,8	0,7	0,2	0,2	0,4	0,6	0,0
Kohlenoxyd	5,4	4,9	4,3	4,4	4,6	9,2	5,0	5,4
Wasserstoff	39,2	44,8	47,9	54,5	62,6	59,2	51,5	76,8
Methan	41,1	36,1	34,1	29,8	23,0	4,0	28,4	4,5
Stickstoff	6,5	6	8,2	8,7	8,4	25,8	8,9	12,5

Der Stickstoffgehalt entspricht der angesaugten Luftmenge. Von dem Stickstoff der Kohle blieben 43,3% im Koks, 3% im Teer, 15% fanden sich im Ammoniak (vgl. S. 53).

Sonstige Analysen von Kokereigasen von *Hilgenstock*[2] (I), Zechen Matthias Stinnes (II), Notberg, November 1897 (III), Theresienschacht (IV), Karolinenschacht (V), Johannesschacht (VI), die drei im Ostrau-Karwiner Revier[3]:

	I	II	III	IV	V	VI
Kohlensäure	1,4	2,5	3,2	3,2 bis 5	4,2	5,7
Kohlenoxyd	6,6	7,6	5,5	4,0 „ 5,2	8,1	9,0
Schwere Kohlenwasserstoffe	3,2	3,5	1,5	1,0 „ 2,0	1,0	1,6
Methan	25,0	27,2	23,2	14,0 „ 29,0	32,8	22,8
Wasserstoff	56,4	50,0	35,7	27,0 „ 46,0	43,2	40,1
Sauerstoff	—	0,8	—	0,3 „ 1,2	0,2	0,6
Stickstoff	7,4	8,4	31,2	20,0 „ 40,0	10,5	20,2

Kohlen der Zeche „Matthias Stinnes“ (I) und der Zeche „Deutschland“ (II) gaben im Ottoschen Ofen für 100 k 27,8 bzw. 27,7 cbm trockene Gase (kohlensäurefrei) folgender Zusammensetzung:

	I	II
Schwere Kohlenwasserstoffe	4,6	1,7
Kohlenoxyd	7,1	3,9
Methan	51,4	65,3
Wasserstoff	34,7	26,8
Stickstoff	2,2	2,3

Also bei gleicher Gasausbeute ganz verschiedenes Gas.

[1] Journ. of Gaslight 59, 97.
[2] Journ. f. Gasbel. 1902, 618; Fischers Jahresber. 1902, 19.
[3] Stahl u. Eisen 1904, 1037.

Göhrum[1] untersuchte den Einfluß der Druckverhältnisse in den Heizräumen bzw. Undichtigkeiten der Heizwände auf die Beschaffenheit der Gase. Von den Analysen stammen die Gase 1, 2 und 7 aus Öfen, in deren Heizkanälen Depression herrscht; sie weisen Heizwerte zwischen 3077 bis 4335 w auf; für Gas 1 und 2 ist die Gasausbeute zu 280 cbm aus 1000 k Kohle und ein Gasüberschuß von 25% angegeben. Demgegenüber haben die Gase aus Öfen mit Druck in den Heizkanälen Heizwerte von nur 2007 bis 3200 w und Gasüberschüsse bis zu 40%.

Kokskohle aus	CO_2 %	C_nH_m %	O %	CO %	CH_4 %	H %	N %	Gas aus 1000 k cbm	Gasüberschuß %
1. Oberschlesien	5,3	2,9	—	10,5	23,3	40,8	17,2	280	25
2. „	6,9	1,3	—	7,8	20,8	29,2	34,0		
3. „	4,3	2,6	0,6	12,5	13,28	44,25	22,47	435	40
4. Mähren . . .	3,2	1,4	0,1	6,3	18,4	43,3	27,3	280	40
5. „ . . .	6,7	1,2	0,4	4,7	11,3	23,7	52,0		
6. „ . . .	3,8	1,0	0,3	7,9	20,4	36,8	29,8	450	20
7. Saargebiet . .	3,5	3,0	0,3	7,0	26,6	43,9	15,7	—	12

Nach *F. Schniewind*[2] wird das im Koksofen entwickelte Gas in zwei Fraktionen aufgefangen, indem die für 1 t Kohle zuerst entweichenden 120 cbm als Leuchtgas, die letzten 140 cbm zur Heizung des Ofens verwendet werden (D. R. P. Nr. 127 550). Bei Versuchen mit Otto-Hoffmann-Öfen auf der Anlage der Pittsburg Gas & Coke Comp. betrug der während der ersten 14 Stunden und 46 Minuten erzeugte Gasüberschuß, welcher als Leuchtgas verwendet wird, 14,34 cbm für 100 k Kohle oder 49,5% der Gesamtgasmenge; die mittlere Zusammensetzung dieses Anteils war folgende:

Schwere Kohlenwasserstoffe	5,2
Methan	38,7
Wasserstoff	38,4
Kohlenoxyd	6,1
Kohlensäure	3,6
Sauerstoff	0,3
Stickstoff	7,7

Die während der übrigen 19 Stunden und 10 Minuten erzeugte Gasmenge, welche zur Heizung der Öfen verwendet wird, betrug 14,63 cbm für 100 k Kohle oder 50,5% der Gesamtgasmenge; die mittlere Zusammensetzung dieses Ofenheizgases war folgende:

Schwere Kohlenwasserstoffe	2,4
Methan	29,2
Wasserstoff	50,5
Kohlenoxyd	6,3
Kohlensäure	2,2
Sauerstoff	0,3
Stickstoff	9,1

[1] Stahl u. Eisen 1903, 1205.
[2] Stahl u. Eisen 1900, 258; Journ. f. Gasbel. 1902, 125; Fischers Jahresber. 1902, 33.

Folgende Tabelle zeigt die Veränderung des Gases mit zunehmender Verkokungszeit:

	Stunden nach der Füllung	Zusammensetzung des Produktionsgases							Leuchtkr. des CO_2 haltigen Gases
		C_mH_n	CH_4	H_2	CO	CO_2	O_2	N_2	
Gasüberschuß während der 1. Periode von 14 Stunden 46 Minuten	1	5,8	40,3	34,3	6,8	3,9	0,2	8,7	18,4
	2	5,8	40,7	34,0	6,8	3,8	0,2	8,7	18,4
	3	5,8	41,0	34,0	6,7	3,8	0,2	8,5	18,4
	4	5,8	41,1	34,1	6,6	3,9	0,3	8,2	17,9
	5	5,8	41,2	34,2	6,4	3,9	0,3	8,2	17,4
	6	5,7	41,1	34,5	6,3	3,9	0,3	8,2	16,8
	7	5,6	40,9	35,0	6,2	3,9	0,3	8,1	16,4
	8	5,6	40,6	35,4	6,2	3,8	0,3	8,1	16,2
	9	5,5	40,2	36,1	6,2	3,7	0,3	8,0	15,8
	10	5,5	39,8	36,6	6,1	3,7	0,3	8,0	15,6
	11	5,4	39,4	37,2	6,1	3,7	0,3	7,9	15,4
	12	5,4	39,3	37,5	6,1	3,7	0,3	7,7	15,2
	13	5,3	39,1	37,9	6,1	3,6	0,3	7,7	15,0
	14	5,3	38,8	38,2	6,1	3,6	0,3	7,7	14,8
		5,2	38,7	38,4	6,1	3,6	0,3	7,7	14,7
Heizgas während der 2. Periode von 19 Stunden 10 Minuten	15	5,2	38,6	38,5	6,1	3,6	0,3	7,7	14,6
	16	5,1	38,4	38,7	6,2	3,5	0,3	7,8	14,4
	17	5,1	38,1	39,0	6,2	3,5	0,3	7,8	14,3
	18	4,8	37,9	39,4	6,2	3,5	0,3	7,9	14,2
	19	4,9	37,8	39,3	6,3	3,5	0,3	7,9	14,0
	20	4,8	37,7	39,6	6,2	3,5	0,3	7,9	13,9
	21	4,7	37,6	39,9	6,2	3,4	0,3	7,9	13,7
	22	4,7	37,4	40,1	6,2	3,4	0,3	7,9	13,6
	23	4,6	37,2	40,4	6,2	3,3	0,4	7,9	13,4
	24	4,5	37,0	40,7	6,2	3,3	0,4	7,9	13,3
	25	4,4	36,8	41,2	6,2	3,2	0,3	7,9	13,1
	26	4,3	36,5	41,5	6,2	3,2	0,3	8,0	12,9
	27	4,2	36,0	42,0	6,2	3,1	0,3	8,2	12,8
	28	4,1	35,6	42,7	6,1	3,1	0,3	8,1	12,5
	29	4,0	35,1	43,2	6,2	3,0	0,4	8,1	12,3
	30	4,0	34,8	43,6	6,2	3,0	0,3	8,1	12,2
	31	3,9	34,5	43,9	6,2	3,0	0,3	8,2	11,9
	32	3,9	34,2	44,2	6,2	2,9	0,3	8,3	11,9
	33	3,9	33,9	44,4	6,2	2,9	0,3	8,4	11,8
	34	3,8	33,9	44,5	6,2	2,9	0,3	8,4	11,8
		2,4	29,2	50,5	6,3	2,2	0,3	9,1	9,0

Durch die Gewinnung der Nebenprodukte wird das Kokereigas von den gröberen Verunreinigungen befreit. Gaskraftmaschinen erfordern aber ein fast vollständig von Teernebeln befreites Gas. Auch Cyan, besonders aber Schwefelverbindungen wirken schädlich, da durch die gebildete Schwefligbzw. Schwefelsäure Kolbenstangen, Ausströmventile, Auspuffkessel usw. angefressen werden.

Zur Abscheidung der Teernebel wird oft der sog. Pelouze-Apparat verwendet, in welchem durch zwei oder mehrere Platten mit versetzten Löchern das Gas zur Änderung der Bewegungsrichtung gezwungen wird. Erforderlich ist eine gewisse Geschwindigkeit des Gasstromes. Versuche[1] ergaben z. B.:

Druckdifferenz	Temperatur am Eingang	g Teer in 1 cbm		Reinigung
mm	Grad	Eingang	Ausgang	%
117	16,7	5,371	0,047	99,1
114	18,3	5,487	0,055	99,0
121	27,3	4,138	0,065	98,4
122	28,9	4,552	0,055	98,8
51	21,8	5,297	0,149	97,2
38	20,5	3,877	1,727	55,4

Nach dem Patent *Heinemann*, welches die Firma Otto & Co., Dahlhausen, für ihre Nebenprodukte-Gewinnungsanlagen benutzt, wird das Rohgas mit Dampf behandelt, der hernach wieder kondensiert, wobei der Teer mit ausfällt. Als zweckmäßiger Apparat wird dabei der Dampfstrahlgasexhaustor benutzt, jedoch in der ursprünglichen Einrichtung ohne Wasserberieselung, da das Wasser die Teerreste mit fortschwemmen würde. Der Apparat dient hier gleichzeitig auch der Absaugung und Unterdrucksetzung zur Überwindung der entstehenden Widerstände. Nach diesen Waschapparaten folgt ein mit Sägespänen, Holzwolle oder Schlackenwolle gefüllter Reiniger (vgl. S. 91).

Bei den Verfahren von *Koppers* (D. R. P. Nr. 181 846) streicht das von den Öfen kommende Rohgas zuerst durch die Röhren eines Wärmeaustauschers. Nacheinander geht es dann durch zwei Waschkühler und wird von den Saugern durch die Teerscheider zu dem Wärmeaustauscher zurückgedrückt. Das von Teer befreite Gas streicht durch die Röhren und wird dabei erhitzt. In überhitztem Zustande tritt es dann in den selbsttätigen Sättigungskasten, der mit saurer Lauge gefüllt ist; hier bildet sich Sulfat, das durch einen Injektor in die Zentrifuge gehoben wird.

Es ist zu beachten, daß Teernebel von Wasser schwer benetzt werden, daß aber eine Waschung der Gase mit Teeröl sehr viel wirkungsvoller ist.

Die Zschockes Maschinenfabrik in Kaiserslautern hat für die Zeche Shamrock eine Koksofengasreinigung für 18 000 cbm in 24 Stunden geliefert. Der noch im Koksofengas vorhandene Teer wird in der Hauptsache durch

[1] Journ. f. Gasbel. 1907, 969.

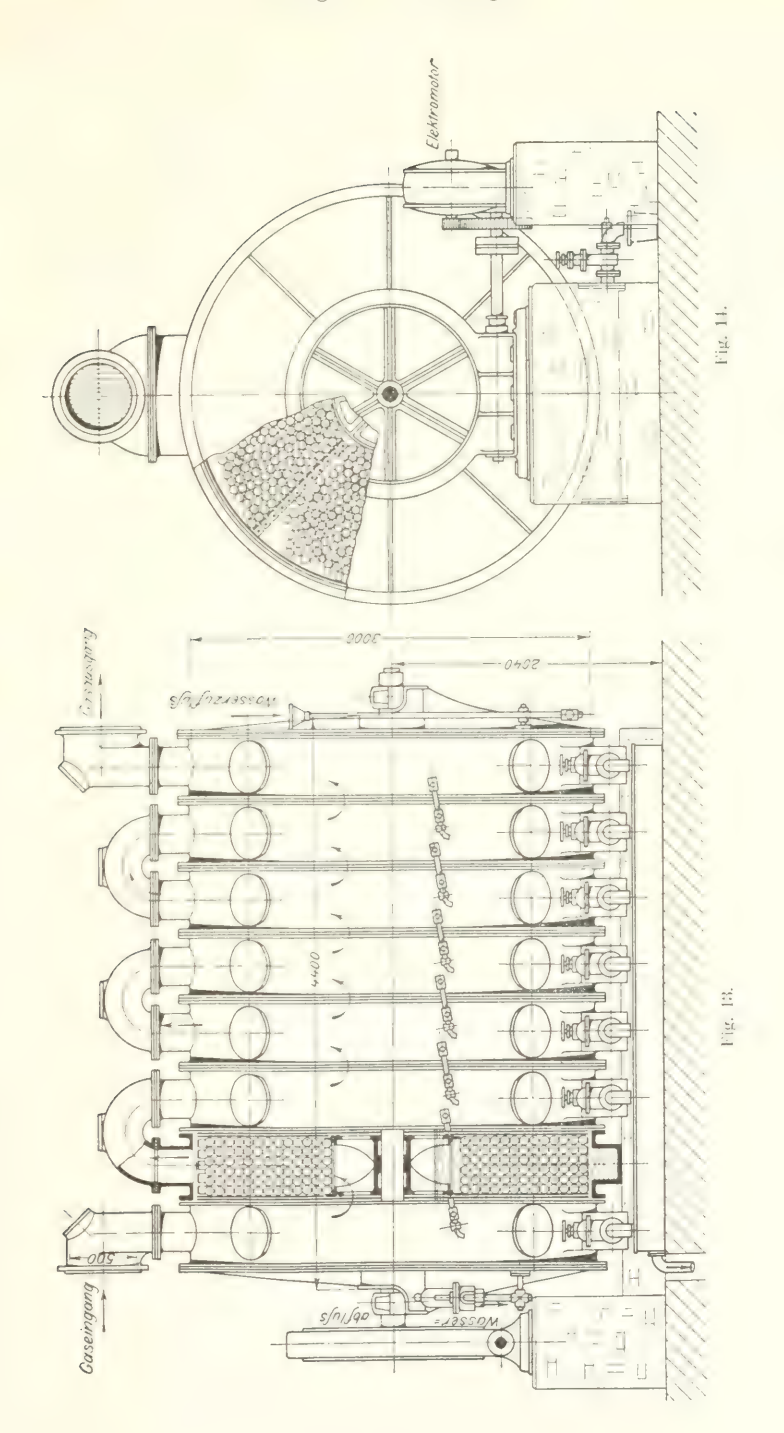

Elektromotor
Gasausgang
Wasserzufluss
3006
2040
4400
500
Gaseingang
abfluss
Wasser=

Fig. 14.

Fig. 13.

einen umlaufenden Kugelwascher (Fig. 13 und 14), die restlichen Teernebel, sowie Schwefel und Cyan in einem Rasenerzreiniger (Fig. 15) beseitigt[1]. Selbstverständlich kann das Raseneisenerz in derselben Weise, wie dieses

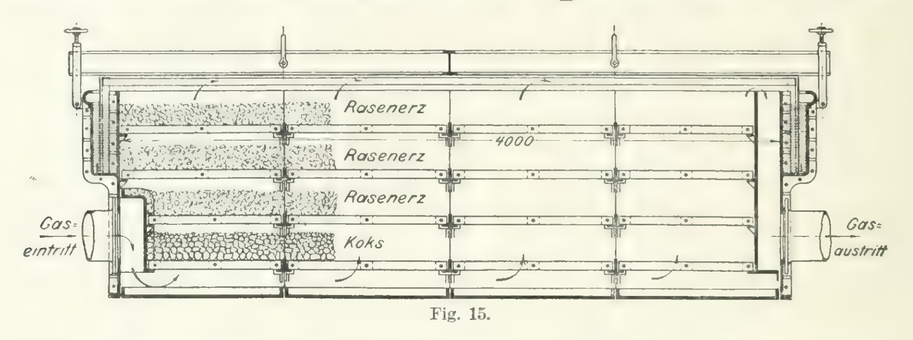


Fig. 15.

in Leuchtgasanstalten üblich ist, wiederholt brauchbar gemacht werden. Schließlich wird es zur Gewinnung von Schwefel und Cyan an chemische Fabriken verkauft.

[1] Vgl. Glückauf 1904, Nr. 16.

Wassergas.

Wassergas, „der Brennstoff der Zukunft", hat die hohen Erwartungen nicht annähernd erfüllt; namentlich hat es als „Kraftgas" nur noch sehr geringe Bedeutung, so daß auf die ausführlichen Angaben[1] verwiesen werden muß.

Daß Wasserdampf über glühende Kohlen geleitet, Wasserstoff nebst Kohlensäure und Kohlenoxyd bildet, ist schon lange bekannt. Dementsprechend wurde wiederholt versucht, Holzkohlen, Koks oder Anthrazit in liegenden oder stehenden Retorten zu erhitzen und dann Wasserdampf einzuleiten. Es wurde danach gestrebt, daß neben Wasserstoff wesentlich Kohlensäure entstand, welche man durch Kalkmilch oder Natronlauge entfernte. Das Gas wurde z. B. in Narbonne zur Beleuchtung verwendet. Das Verfahren ist überall als unvorteilhaft aufgegeben. (Vgl. S. 69.)

Um das Wassergasverfahren lebensfähig zu machen, mußten die von außen erhitzten Retorten durch Schachtöfen ersetzt werden, in welche man abwechselnd Luft und Wasserdampf einblies. Beim sog. „Heißblasen" wird Luft durch die Koksfüllung gepreßt:

$$C + O_2 = CO_2 + 976 \text{ hw}.$$

Der Koks wird auf Weißglut erhitzt. Die so im Koks aufgespeicherte Wärme genügt dann beim „Gasmachen" für die Reaktionen:

$$C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2 - 188 \text{ hw}$$
$$C + CO_2 = 2\,CO - 388 \text{ hw}.$$

Ist der Wärmevorrat erschöpft, so wird wieder Luft eingeblasen (vgl. S. 18).

Für deutsche Verhältnisse brauchbar wurde das Verfahren durch die auf den Werken von Schulz, Knaudt & Co. in Essen gemachten Fortschritte. Fig. 16 und 17 zeigen die vom Verf.[2] wiederholt untersuchte Anlage. Der wassergekühlte Schieber S sperrt den Windkanal ab, sobald der Gaskanal offen ist und umgekehrt. Unterhalb der Windeinströmung W ist in die Windleitung eine Drosselklappe d eingebaut, welche geschlossen wird,

[1] Vgl. *F. Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe Bd. 2, S. 208; *M. Geitel:* Das Wassergas und seine Verwendung in der Technik, 3. Aufl. (Berlin 1900); *Cl. Winkler:* Der Brennstoff der Zukunft (Freiberg 1881); *H. Strache:* Das Wassergas, seine Herstellung und Verwendbarkeit (Leipzig 1896).

[2] Fischers Jahresber. 1887, 150.

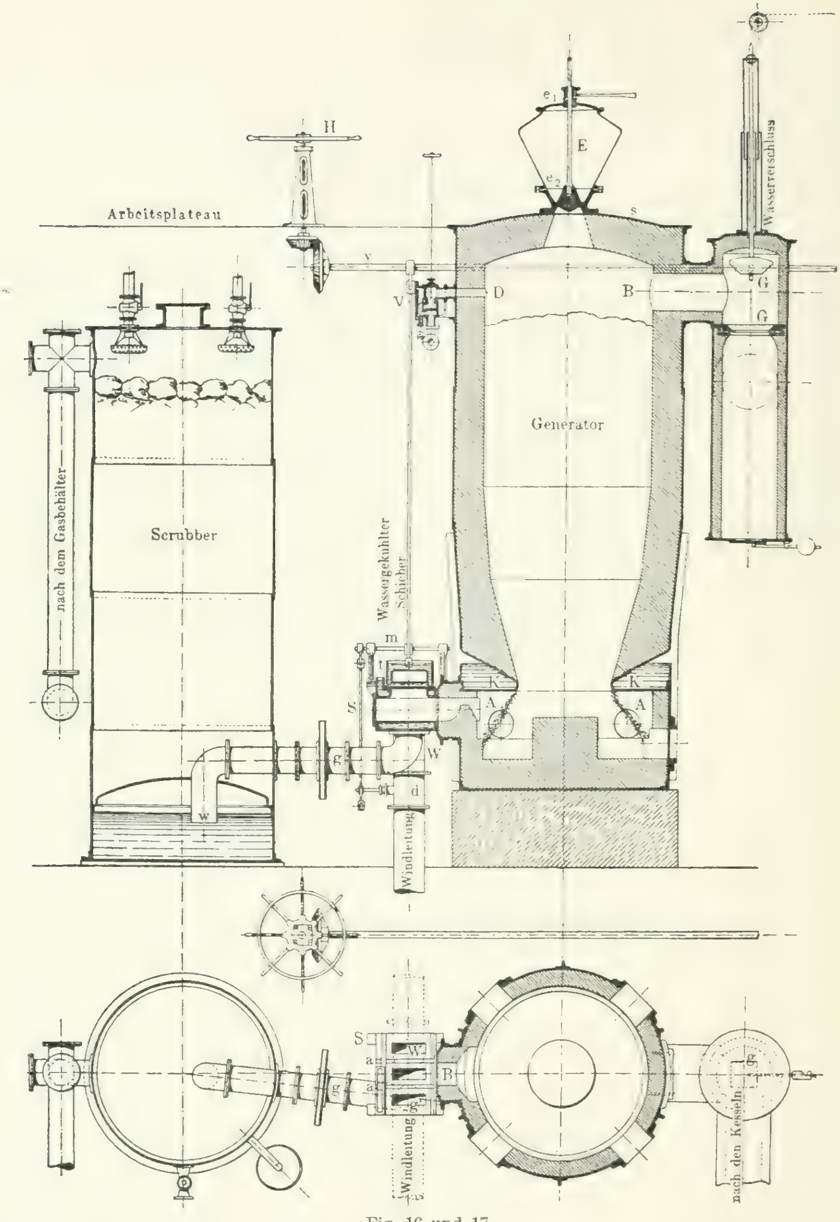


Fig. 16 und 17.

sobald der Schieber den Gaskanal öffnet. Dadurch ist der Wind doppelt abgesperrt. Damit die Schlacke leicht entfernt werden kann, ist dem Generator ein Kühlring *K* beigegeben, an welchen sich die Schlacke ansetzt. — Während des W a r m b l a s e n s ist der Oberteil des wassergekühlten Schiebers so gestellt, daß der Windkanal mit dem Generator verbunden ist, die Drosselklappe *d*

ist offen, ebenso das Generatorgasventil *G*; geschlossen ist der Gasausströmkanal *g* in den Skrubber und das Schieberventil *V*. Während des Gasmachens ist geschlossen *G* und *d*; der Oberteil des wassergekühlten Schiebers schließt den Windkanal und stellt die Verbindung vom Generator zum Skrubber her; *V* ist geöffnet. Die Verbindung zwischen Gasometer und Generator ist sodann nur durch den Wasserverschluß *w* im Skrubber, welcher 100 mm beträgt, gestört. Auf den Schieber *S* sind zwei Ständer *t* aufgeschraubt, in welchen eine Welle W_1 gelagert ist. Diese steht mit der Steuerwelle W_2 in Verbindung. Die auf W_1 befindlichen Hebel bewegen den Oberteil von *S*, besorgen das Öffnen und Schließen von *d* und des Schiebers in *V*. Ein auf W_2 aufgekeilter Hebel besorgt das Öffnen und Schließen des Generatorgasventils. W_2 wird durch das Handrad *H* gedreht. Die Anordnung ist so getroffen, daß durch die Drehung von *H* nach einer Seite der Oberteil von *S* den Windkanal schließt, den Gaskanal öffnet; gleichzeitig wird *d* und *G* geschlossen, der Schieber von *V* geöffnet. Durch Drehung nach der anderen Seite wird der Oberteil von *S* den Gaskanal schließen, den Windkanal öffnen, gleichzeitig wird *d* und *G* geöffnet und der Schieber von *V* geschlossen. Der Fülltrichter *E* ist so eingerichtet, daß, wenn e_1 geöffnet ist, e_2 zu bleibt; wird e_1 geschlossen, so kann e_2 geöffnet werden.

Bei den Versuchen wurde jedesmal 4 Minuten lang Wassergas gemacht und 11 Minuten Generatorgas. Die Generatorgase hatten im Mittel von je zwei Analysen folgende Zusammensetzung:

	Nach 1 Min.	6 Min.	10 Min.
CO_2	7,04	4,03	1,60
CO	23,68	28,44	32,21
CH_4	0,44	0,39	0,18
H	2,95	2,20	2,11
N	65,89	64,94	63,90

Nach 1, 2,5 und 4 Minuten „Gasmachen" hatte das Wassergas im Mittel von drei Versuchsreihen folgende Zusammenstellung:

	Nach 1 Min.	2,5 Min.	4 Min.
CO_2	1,8	3,0	5,6
CO	45,2	44,6	40,9
CH_4	1,1	0,4	0,2
H	44,8	48,9	51,4
N	7,1	3,1	1,9

Die letzten Proben enthielten bereits erhebliche Mengen überschüssigen Wasserdampf, wodurch die Gasbildung gestört wurde. Gasproben aus dem Gasometer (I, II) und Reiniger (III) enthielten:

	I	II	III
CO_2	2,71	3,88	3,41
CO	43,95	44,05	43,01
CH_4	0,31	0,41	0,36
H	48,97	47,80	48,92
N	4,06	3,86	4,30

Im Mittel hatte also 1 cbm Wassergas folgenden Brennwert:

	Zusammensetz. %	Brennwert w
CO_2	3,3	0
CO	44,0	1342
CH_4	0,4	34
H	48,6	1254
N	3,7	0
		2630

1 k Koks lieferte 1,13 cbm Wassergas, entsprechend 2970 w. Dieselben enthielten: 1,13 × 0,477 × 0,5395 = 0,291 k Kohlenstoff. Die übrigen 0,557 k Kohlenstoff lieferten 3,13 cbm Generatorgas. Von den 7000 w des Koks finden sich somit im

Wassergas	2970 w = 42%[1]
Generatorgas	2970 w = 42

Das mit viel Reklame in Szene gesetzte Wassergasverfahren von *Dellwik* (D. R. P. Nr. 105 511) ist am 30. August 1907 vom Patentamt und am 9. Januar 1909 vom Reichsgericht für nichtig erklärt[2].

[1] Die Wärme des zugeführten Wasserdampfes ist hier nicht berücksichtigt. Die 1,133 cbm Wassergas erfordern 0,45 k Wasserdampf entsprechend 290 w, so daß rund 550 w auf den Wärmeverlust des Generators und des Generatorgases entfallen.

[2] Vgl. *Fischer:* Taschenbuch für Feuerungstechniker, 6. Aufl., S. 119.

Mischgas.

Als Vorläufer der Gasfeuerungen ist der „fulen heintzen" bei *Brunschwyk*[1] zu bezeichnen. Eingehender beschreibt dieselbe Vorrichtung *Ph. Ulstadius*[2] als „faulen Heintzen" oder Furnus Accidiosus, während *G. Ryff*[3] eine etwas abgeänderte Form beschreibt. Nach *Ulstadius* wurde das Tonrohr in der Mitte des Ofens mit Kohlen gefüllt gehalten, welche in dem Maße, als sie in den einzelnen Feuerungen verbrannten, nachrutschten. Die Lufteintritt- und Rauchauslaßöffnungen wurden durch Schieber (oder bei *Ryff* durch eingesetzte Steine) geregelt.

Der erste eigentliche Generator scheint von *Bischof* i. J. 1839 entworfen zu sein[4]. Dann traten *Schinz* u. a.[5], sowie *Siemens*[6] erfolgreich für die Gasfeuerungen ein. Schon *Constable* (engl. Pat. 1845), *Michiels*[7], *Kirkham*[8] und *Pfeiffer* (D. R. P. Nr. 15 210) schlugen vor, Luft mit Wasserdampf gemischt in den Generator zu leiten, um ein an Wasserstoff reiches Gas zu erzeugen. *Dowson* (D. R. P. Nr. 27 165) verwandte dieses Mischgas[9] erfolgreich für Gaskraftmaschinen[10].

Auch beim gewöhnlichen Generatorgas wird durch die Luftfeuchtigkeit Wasserdampf mit eingeführt, so daß zur Scheidung zwischen Generatorgas und Mischgas hier nur die Apparate und Verfahren als für Mischgas besprochen werden sollen, bei denen Wasserdampf als solcher gleichzeitig mit der durch Maschinenkraft eingeblasenen oder eingesaugten Luft eingeführt wird.

Beim Mischgasverfahren verbrennt zunächst Kohlenstoff in dem zugeführten Luftsauerstoff (vgl. S. 18):

$$1.\quad C + O_2 = CO_2 + 976\ \text{hw}.$$

[1] *H. Brunschwyk*: Ars distillandi de compositis (Straßburg 1509), S. 32.

[2] *Ph. Ulstadius:* L Oelum Philosophorum (Straßburg 1536), S. 4.

[3] *G. Ryff:* Das new groß Destillierbüch (Frankfurt 1545), S. 22.

[4] *Bischof:* Die höchste Nutzung der rohen Brennstoffe (Quedlinburg 1848).

[5] Dinglers Polytechn. Journ. **166**, 270; **167**, 283 u. 439; **176**, 17; **182**, 216; **183**, 25; **202**, 417; **203**, 11 u. 14.

[6] *Siemens:* Regenerativ-Gasöfen (Dresden 1869); vgl. Jahresber. d. chem. Technol. 1862, 732; 1863, 764; 1864, 727; 1865, 772; 1866, 734.

[7] Rec. soc. polyt. 1841, No. 16.

[8] Armeng. ind. 1859, 136.

[9] Früher Dowson- oder Halbwassergas genannt. Da man durch Mischen von Wassergas (S. 82) und dem beim sog. Heißblasen erhaltenen Generatorgas ein Gemenge gleicher Zusammensetzung erhält, so erscheint die Bezeichnung Mischgas passender.

[10] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1887, 177 u. 189; 1891, 85.

Die dabei für je 12 k Kohlenstoff frei werdende Wärme von 976 hw erhitzt den Koks oder Anthrazit so, daß mit Wasserdampf nun die Reaktionen:

$$2.\quad C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2 - 188\ \text{hw},$$
$$3.\quad C + CO_2 = 2\,CO - 388\ \text{hw}$$

auftreten (S. 71). Gleichung 1 und 3 zusammengezogen, ergibt:

$$C_2 + O_2 = 2\,CO + 588\ \text{hw};$$

Gleichung 2 und 3 dagegen:

$$C_2 + 2\,H_2O = 2\,CO + 2\,H_2 - 576\ \text{hw}.$$

Würde keinerlei Wärmeverlust stattfinden, so wäre das (ideale) Mischgasverfahren:

$$\text{(I)}\quad 2\,C_2 + O_2 + 2\,H_2O = 4\,CO + 2\,H_2.$$

Danach würden 48 k Kohlenstoff Gas folgender Zusammensetzung geben (vgl. S. 18):

	Menge	Zusammensetzung
Kohlenoxyd	88,8 cbm	41,0%
Wasserstoff	44,4 „	20,5%
Stickstoff[1]	83,5 „	38,5%
	216,7 cbm	

In Wirklichkeit wird aber Wärme verloren durch Leitung und Strahlung des Generators. Die Reaktionen 2 und 3 erfordern eine Temperatur von etwa 800°.

Die Wärme der mit etwa 800° aus der Reduktionszone des Generators entweichenden Gase[2] dient zur Vorwärmung des nachrutschenden Brennstoffes und teilweise zur Vorwärmung der feuchten Luft; der größte Teil derselben geht aber meist verloren. Man wird daher praktisch rechnen können mit der Reaktion:

$$\text{(II)}\quad 4\,C + 3\,O + H_2O = 4\,CO + H_2 + 594\ \text{hw};$$
$$\text{(III)}\quad 3\,C + O_2 + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,CO + 2\,H_2 + 400\ \text{hw}.$$

[1] Luft enthält auf 1 cbm Sauerstoff 3,76 cbm Stickstoff.

„	„	„ 2	„	„	7,52	„ „
„	„	„ 3	„	„	11,29	„ „
„	„	„ 4	„	„	15,05	„ „
„	„	„ 5	„	„	18,81	„ „
„	„	„ 6	„	„	22,57	„ „
„	„	„ 7	„	„	26,33	„ „
„	„	„ 8	„	„	30,10	„ „
„	„	„ 9	„	„	33,86	„ „

[2] *Voigt* (Zeitschr. f. angew. Chemie 1909, 1539) hat die Angaben des Verf. (Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 270) nicht berücksichtigt. Er stützt seine Berechnungen auf die Angabe von *Wendt*, daß die Gasbildung bei 925° aufhört, was nicht zutrifft (vgl. S. 60).

Danach ergeben sich für 48 bzw. 36 k Kohlenstoff:

	Menge in cbm		Zusammensetzung	
	II	III	II	III
CO_2	—	22,2	— %	11,4%
CO	88,8	44,4	37,6%	22,8%
H	22,2	44,4	9,4%	22,8%
N	125,2	83,5	53,0%	43,0%
	236,2	194,5		

Praktisch wird man nur ein Gemisch beider Gase bekommen, dessen Zusammensetzung sich um so mehr der von II nähert, je höher die Temperatur im Gasometer ist. Nach Gleichung II kommen auf 48 k Kohlenstoff 33,3 cbm Sauerstoff oder 158 cbm Luft und 18 k Wasser, somit auf 1 k Kohlenstoff 3,3 cbm atmosphärische Luft und 0,38 k Wasserdampf oder auf 100 cbm Luft 11,5 k Wasserdampf. Für den vollkommenen Prozeß (I) würden dagegen auf 48 k Kohlenstoff 22,2 cbm Sauerstoff oder 106 cbm Luft und 36 k Wasserdampf kommen, auf 100 cbm Luft somit 34 k Wasserdampf. Dasselbe Verhältnis zwischen Luft und Wasserdampf ist auch bei Reaktion III, aber mit einem viel schlechteren Gas. Auf 1 k Kohlenstoff kommen also bei I 0,75 k Wasserdampf, bei II 0,375 k und bei III 1 k Wasserdampf. (Vgl. S. 18.)

Je besser das Dampfluftgemisch durch die abziehenden Gase (nicht durch den Generator) vorgewärmt wird, um so mehr kann man sich der äußersten Grenze (nach I) von 0,75 k Wasserdampf auf 1 k Kohlenstoff oder auf 100 cbm Luft 34 k Wasserdampf nähern und doch ein gutes Gas bekommen. Wo eine solche Vorwärmung nicht oder nur mangelhaft stattfindet, wie bei den meisten Generatoren, sollte 0,4 k Wasserdampf auf 1 k Kohlenstoff oder 11,5 k Wasserdampf auf 100 cbm Luft nicht wesentlich überschritten werden, um ein gutes Gas zu bekommen. Bei 1 k Wasserdampf erhält man schon das schlechte Gas nach (III); noch mehr Dampf veranlaßt noch schlechteres Gas und Wärmeverluste.

Die Menge des zugeführten Wasserdampfes sollte daher möglichst genau geregelt werden. Bei Verwendung des sonst so bequemen Dampfstrahlgebläses ist das nur annähernd möglich, da hier das Verhältnis zwischen Luft und Wasserdampf von der Spannung des Dampfes und den Widerständen im Generator abhängt. Noch weniger ist dieses Regeln beim Sauggas der Fall. Man muß eben bei der Einfachheit des Betriebes mit einem minder guten Gas zufrieden sein.

Den Einfluß des Wasserdampfes auf die Gaserzeugung untersuchten *A. Bone* und *K. V. Wheeler*[1] an einer Generatoranlage (nach *Mond*, vgl. S. 142) in Warrington. Die Versuche ergaben:

[1] Metallurgie 1907, 321; 1908, 681.

Dampfsättigungstemperatur	60°	65°	70°	75°	80°
Mittlere Zusammensetzung des erlangten Gases:					
CO_2	5,25	6,95	9,15	11,65	13,25
CO	27,30	25,40	21,70	18,35	16,05
H	16,60	18,30	19,65	21,80	22,65
CH_4	3,35	3,40	3,40	3,35	3,50
N	47,50	45,90	46,10	44,83	44,55
Verbrauchter Dampf für 1 k vergaster Kohle . k	0,45	0,55	0,80	1,10	1,55
Zerlegter Dampf . . . k	0,39	0,44	0,49	0,57	0,62
„ „ . . . %	87,4	80,0	61,4	52,0	40,0
Im Gebläse verbrauchte Luft für 1 k Kohle cbm	2,28	2,16	2,27	2,28	2,29
Verhältnis von {Sauerstoff vom Dampf / „ von der Luft}	0,50	0,62	0,65	0,75	0,80
Ammoniak im Gase, ausgedrückt als k Ammoniumsulfat für 1 t Kohle	17,7	19,97	22,9	29,15	32,08

Bei Steigerung der Dampfsättigungstemperatur über 65° bzw. wenn auf 1 k Kohle mehr als 0,55 k Wasserdampf zugeführt wurde, fiel also der Gehalt des Gases an Kohlenoxyd, während Kohlensäure und Wasserstoff zunahmen. Der Ammoniakgehalt des Gases steigt mit der zugeführten Dampfmenge (vgl. S. 53). Weitere Versuche ergaben:

Dampfsättigungstemperatur des Gebläses	60°	55°	50°	45°
Zusammensetzung des Gases:				
CO_2	5,10	4,40	2,50	2,35
CO	27,30	28,10	30,60	31,60
H_2	15,50	15,45	12,35	11,60
CH_4	3,05	3,00	3,00	3,05
N_2 usw.	49,05	49,05	51,55	51,40
Für 1 t vergaster trockner Kohle ist der Gasertrag in cbm bei 0° C und 760 mm	3820	3760	3750	3790
Auf 1 k vergaster Kohle kommen im Gebläse k Dampf	0,45	0,32	0,21	0,20
Der Prozentsatz zerlegten Dampfes	76	100	95	100

Auch hier stellte sich also 0,4 k bis 0,5 k Dampf auf 1 k Kohlenstoff am günstigsten.

Ausmauerung der Gaserzeuger.

Beim Mischgasverfahren steigt die Temperatur infolge der Wasserzersetzung viel weniger hoch als in Generatoren ohne Wasserdampf. An die Feuerfestigkeit der Ausmauerungssteine werden daher weniger hohe Anforderungen gestellt. Auch die Bildung fester Schlacken ist weniger zu befürchten, doch sollte bei der Auswahl des Brennstoffes (bzw. des Ofenfutters) die Schmelzbarkeit und die Einwirkung der Verbrennungsrückstände auf das Mauerwerk berücksichtigt werden. Den Grad der Schmelzbarkeit der Rückstände ersieht man schon bei der Brennwertbestimmung der Probe

im *Fischer*schen Apparat[1], oder man glüht eine Probe der Asche im Platintiegel. Auch die Analyse der Asche gibt Anhaltspunkte; nach *Bone*[2] hatten die Aschen von fünf Lancashire-Kohlen folgende Zusammensetzung:

Name des Flözes	1. Wigan 4-Foot	2. Florida	3. Arley	4. Wigan 6-Foot	5. Trencherbone
SiO_2	31,40	30,02	26,40	33,80	39,40
Al_2O_3	21,15	19,14	28,00	21,75	28,49
Fe_2O_3	22,85	22,14	32,42	29,30	22,85
MnO	0,55	0,65	0,00	0,00	0,40
CaO	16,25	11,10	7,00	3,00	4,30
MgO	0,10	3,65	2,88	3,24	1,08
SO_3	7,00	13,29	2,74	8,58	3,26
P_2O_5	0,11	0,15	0,28	0,15	0,17

Die leichtest schmelzbare Asche war diejenige von Nr. 1, mit dem höchsten Kalkgehalte. Die Schmelzbarkeit nimmt auf der Tabelle von rechts nach links ab, so daß die Kohle Nr. 5 die am schwersten schmelzbare Asche enthält.

Nach *E. Prost*[3] hängt die Schmelzbarkeit der Steinkohlenasche besonders vom Tonerdegehalt derselben ab; am schwersten schmilzt solche mit 32 bis 34% Tonerde und 46 bis 50% Kieselsäure. Eisenoxyd und Kalk befördern die Schmelzbarkeit.

In einer Gasanstalt waren die Generatoren mit Steinen aus dem besten Garnkirk-Ton ausgekleidet und zur Gasbereitung Kohlen von der Königin-Louise-Grube bei Zabrze in Oberschlesien verwendet mit 3,54% Asche folgender Zusammensetzung:

	Asche	Schlacke
Kieselsäure	61,18	61,32
Tonerde	26,07	23,79
Eisenoxyd	7,32	
Eisenoxydul	—	7,41
Manganoxydul	—	0,78
Kalk	1,32	3,60
Magnesia	1,18	1,50
Natron	0,33	0,80
Kali	1,79	1,35

Die leichtschmelzige Schlacke griff die Steine so stark an, daß die Generatorwände rasch völlig zerstört wurden. Sie hielten sich aber, als sie mit tonerdereichen Steinen ausgesetzt wurden[4]. Sehr schädlich ist ein Kochsalzgehalt der Kohlen[5]. — Basische Schlacken greifen Quarzsteine an, welche sich aber sauren Schlacken gegenüber widerstandsfähig zeigen[6]. In

[1] Vgl. *Fischer:* Taschenbuch für Feuerungstechniker, 6. Aufl., S. 30.
[2] Metallurgie 1907, 325.
[3] Mon. scient. 1895, 560.
[4] Vgl. Journ. f. Gasbel. 1879, 617.
[5] Tonind.-Ztg. 1885, 102.
[6] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1881, 502; 1884, 684; 1885, 590.

Generatoren verbrannte Koks gaben z. B. 11,9% Asche folgender Zusammensetzung:

	Asche		
	In Wasser lösl. %	Gesamt %	Schlacke %
Kieselsäure	—	47,91	62,95
Tonerde	—	30,17	25,23
Eisenoxyd	—	12,16	—
Eisenoxydul	—	—	3,12
Manganoxyd	—	0,38	—
Manganoxydul	—	—	0,28
Kalk	0,24	1,41	0,46
Magnesia	0,41	1,22	0,92
Natron	0,20	2,60	0,82
Kali	0,26	3,34	3,51
Schwefelsäure	0,84	0,82	—
Phosphorsäure	—	—	0,55
Eisen	—	—	0,09
Schwefeleisen	—	—	0,04

Der wässerige Abzug enthielt ein basisches Gemenge von Sulfaten, das zurückbleibende Silicat entspricht der Formel: $2\ RSiO_3 \cdot 5\ Al_2Si_2O_7 \cdot 2\ SiO_2$, während die Analyse der abfließenden schwärzlichen, strengflüssigen Schlacke zur Formel $2\ RSiO_3 \cdot 3\ Al_2Si_3O_9 \cdot 2\ SiO_2$ führt. Die Schlacke enthielt kleine Kugeln von metallischem Eisen eingesprengt. Im Generator ist somit ein Teil des Eisens aus der Asche zu Metall reduziert, die Sulfate von Calcium und Magnesium sind verflüchtigt oder verstäubt, die Alkalien verschlackt. Die 88,9% Kieselsäure enthaltenden Schamottesteine wurden von dieser sauren Schlacke nur wenig angegriffen.

Mischgas aus Anthrazit mit Druckluft.

Der Apparat von *Dowson* wird in Deutschland nicht mehr so gebaut, wie die Patentschrift (D. R. P. Nr. 27 165) angibt. Die von der Deutzer Gasmotorenfabrik gebaute Abänderung desselben besteht aus einem kleinen Dampfkessel, einem Gaserzeuger *c* (Fig. 18, S. 91) mit Vorlage, einem oder mehreren Skrubbern *d* und einem Gasbehälter. Der kleine Dampfkessel mit sehr geringem Wasserraume hat eine senkrechte Feuerbüchse, welche mit einem Deckel geschlossen ist. In der Feuerbüchse ist oberhalb des Feuers ein spiralförmig gebogenes, schmiedeisernes Rohr befestigt, welches der Dampf auf seinem Wege aus dem Kessel nach dem Injektor *b* durchströmt, um darin überhitzt zu werden. Der überhitzte Wasserdampf bläst durch das Strahlgebläse *b* Luft in den unter dem Rost des Generators befindlichen Aschenfall *k*. Letzterer ist durch die Reinigungstür *s* während des Betriebes luftdicht verschlossen. Über dem Rost schließt sich der mit feuerfesten Steinen ausgefütterte Schacht *m* des Generators an, welcher mit glühendem Brennstoff gefüllt ist. Der Fülltrichter *l* ist während des Betriebes durch einen Kegel verschlossen, der mittels Hebel und Gegengewicht luft-

dicht gegen den Rand des Trichterrohres gedrückt wird. In den über dem Kegel befindlichen Raum *l* des Trichters wird der Brennstoff eingefüllt, worauf derselbe durch einen Deckel dicht verschlossen wird. Läßt man durch Anheben des Gegengewichtes *v* den Kegel nach abwärts sinken, so fällt der im Trichter befindliche Brennstoff in den Generatorschacht, der hierauf durch den Kegel wieder verschlossen wird. Durch diese Art der Beschickung wird der Austritt des Gases aus dem Generator verhindert. Der beim Anheizen des Apparates entwickelte Rauch, sowie das bei Beginn des Anblasens erzeugte minderwertige Gas werden durch das Rohr *p* abgeführt. Letzteres wird durch den Hahn *n* abgesperrt, wenn das Gas durch die Vorlage nach dem Skrubber und Gasbehälter gehen soll. Das im Generator erzeugte Gas

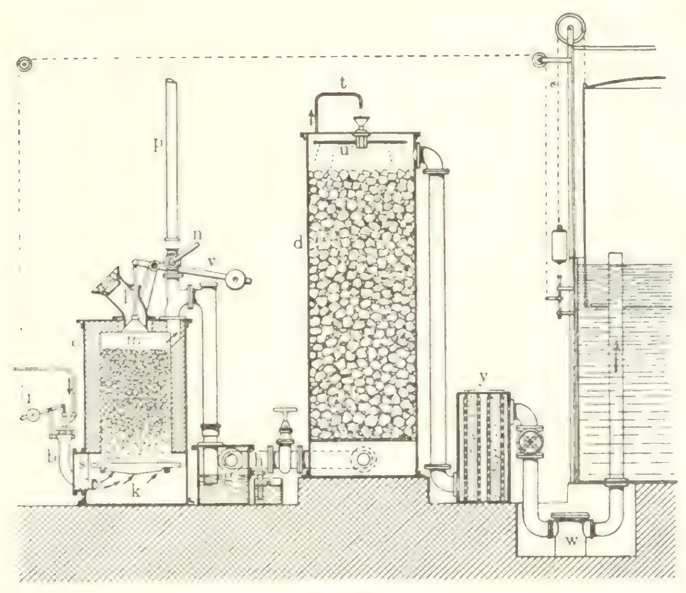


Fig. 18.

tritt durch das Rohr *f* in die Vorlage *g*. Die Tauchung des ersteren in das in der Vorlage befindliche Wasser verhindert das Zurücktreten von Gas aus dem Gasbehälter in den Generator, wenn in letzterem die Gaserzeugung unterbrochen ist. Aus der Vorlage *g* wird das Gas durch das Rohr *h* dem Skrubber *d* zugeführt, ein zylindrisches Gefäß aus Eisenblech, dessen Koksfüllung durch die Rohrleitung *u* fortwährend mit Wasser berieselt, welches durch das Rohr *t* zugeführt wird. Das Wasser, welches sich im unteren Teile des Skrubbers sammelt, gelangt durch ein besonderes Rohr in die Vorlage, aus welcher es durch einen Überlauf austritt. Der im Skrubber befindliche Koks wird, nachdem er zum Reinigen nicht mehr benutzt werden kann, zur Heizung des kleinen Dampfkessels oder anderweitig verbraucht. Ist der Gasbehälter mit Gas angefüllt, so wird der Dampfhahn *i*, welcher durch eine Kette mit der Gasbehälterglocke in Verbindung steht, selbsttätig geschlossen. Hier-

durch wird der in den Aschenfall k des Generators eintretende Gebläseluftstrom nahezu abgesperrt und die Gaserzeugung so lange vermindert, bis durch ein Sinken der Gasbehälterglocke der Dampfhahn i sich wieder öffnet.

Die Firma Gebr. Körting verwendet einen Schachtofen B (Fig. 19) mit eisernem Mantel; der Deckel des Generators wird durch Wasser kühl gehalten. Das erzeugte Gas durchströmt zunächst einen Luftvorwärmer D, in dem es seine Wärme an die Vergasungsluft abgibt, den man übrigens nicht an allen derartigen Anlagen findet, und sodann einen Wasserkühler E, aus welchem das Speisewasser für den Dampfkessel entnommen wird. Sodann durchströmt das Gas einen Koksskrubber und in den meisten Fällen noch einen Sägespänreiniger. Aus dem Sägespänreiniger strömt das Gas in eine Gasglocke, die indessen nur den Zweck der Regelung, nicht aber der Aufspeicherung hat. Zur Erzeugung des für das Dampfstrahlgebläse notwendigen Dampfes ist ein kleiner Dampfkessel A vorhanden, der besonders gefeuert wird. Die Reglerglocke ist mit dem Dampfzufluß für das Dampfstrahlgebläse verbunden; es wird dadurch der Verbrauch der Gasmaschine mit der erzeugten Gasmenge in Verbindung gebracht. — *L. Körting*[1] empfiehlt die Verwendung eines Gebläses statt des Dampfkessels und die Wärme der abziehenden Gase zur Entwicklung des erforderlichen Dampfes.

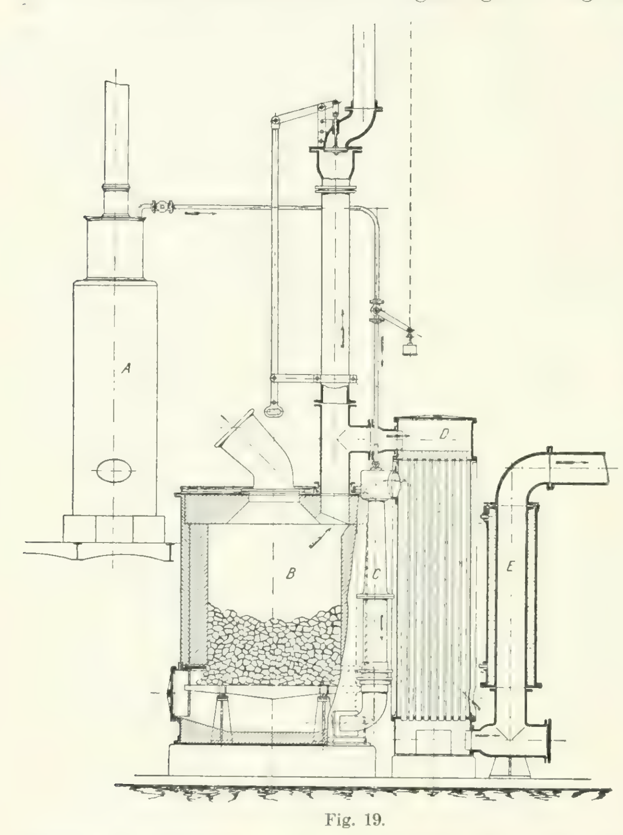


Fig. 19.

An zwei verschiedenen Tagen zwei Apparaten (ohne Luftvorwärmer) der Körtingschen Fabrik vom Verf.[2] entnommene Proben ergaben im Durchschnitt:

[1] Journ. f. Gasbel. 1902, 579.

[2] Fischers Jahresber. 1891, 84; 1893, 108; 1894, 81. — Verf. bemerkte schon damals: „Die 9,5% Verlust durch Leitung und Strahlung lassen sich vermindern, wenn

Kohlensäure	7,2%
Kohlenoxyd	26,8
Methan	0,6
Wasserstoff	18,4
Stickstoff	47,0

1 k des verwendeten Anthrazits gibt rund 4,8 cbm Gas, 1 cbm Gas hat einen Brennwert von 1345 w, die 4,8 cbm somit 6456 w. Die Gase verließen den Generator mit 495°, entführten daher, wenn das Dampfluftgemisch 95° hatte, 6 hw. Bei rund 78 hw Brennwert des Anthrazits ergibt sich somit folgende Wärmeausnutzung:

Gas, Brennwert	6456 w	82,8%
Gas, Eigenwärme	600 w	7,7%
Verlust durch Leitung und Strahlung . .	744 w	9,5%

Bei einem vom Verf.[1] untersuchten Apparate von *Hirzel* erweitert sich der Kohlenraum über dem Rost *r* (Fig. 20) bis zum Gasabzug *z*, Eisenring *e* hält den ringförmigen Gassammelraum von den durch Fülltrichter *F* eingeführten Kohlen frei und trägt das Mauerwerk *m*. Dem Hahn *p* entnommene Gasproben enthielten bei Untersuchung mit dem kleinen Gasapparate (S. 11) 15% Kohlensäure. Beim Einschmelzen von Proben schied das Gas in den Glaskugeln sehr viel Wasser ab; es wurde also offenbar übermäßig Wasserdampf zugeführt. Die Untersuchung dieser Proben ergab:

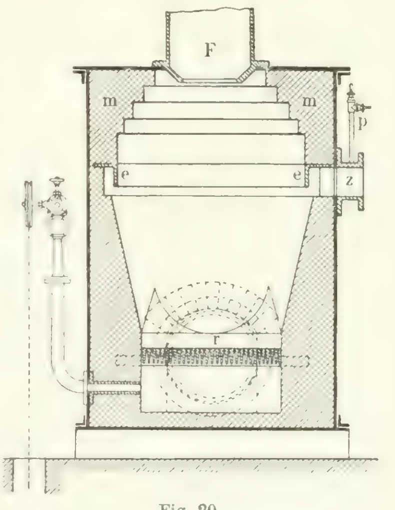


Fig. 20.

Zeit	CO_2	CO	CH_4	H	N
11 Uhr 40 Min.	15,1	8,8	1,0	20,3	54,8
11 „ 55 „	14,8	8,8	0,6	20,1	55,7
2 „ 15 „	14,9	8,6	1,9	22,5	52,1

In der Mittagspause wurde abgeschlackt und neu beschickt. Abgerundet war die mittlere Zusammensetzung des Gases:

Kohlensäure	15%
Kohlenoxyd	9%
Methan	1%
Wasserstoff	21%
Stickstoff	54%

der Eisenmantel des Generators mit Wärmeschutzmitteln bekleidet und die Decke nicht, wie es jetzt geschieht, mit Wasser bedeckt wird. Ein Teil dieser Wärme wird dann zur weiteren Zersetzung von Wasserdampf bzw. Kohlensäure verwendet werden, ein anderer Teil, besonders der jetzt in das Wasser übergehende, aber zur Erhöhung der Eigenwärme des Gases dienen. Diese Eigenwärme des Gases könnte aber durch einfache Vorrichtungen zur Vorwärmung des Dampfluftgemisches verwertet werden" (wie es jetzt geschieht).

[1] Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, 507.

Abgesehen von dem bei der Entgasung gebildeten Methan und Wasserstoff hat somit die Vergasung nach der Gleichung stattgefunden:

$$3\,C + 3\,O + 2\,H_2O = 2\,CO_2 + CO + 2\,H_2.$$

Durch den übermäßig zugeführten Wasserdampf ist die Temperatur im Gaserzeuger zu niedrig gehalten; 1 cbm Gas hatte einen Brennwert von nur 1092 w, war demnach recht mangelhaft; tatsächlich konnte die 25pferdige Maschine nicht damit ordentlich betrieben werden.

Beim Mischgasapparate von *Matter & Co.* besteht der Gaserzeuger *A* (Fig. 21) aus einem mit feuerfestem Material *K* ausgefütterten Blechzylinder; zwischen letzterem und den Steinen *K* befindet sich noch eine Isolierschicht aus Sand. Der von den Roststäben getragene Brennstoff wird durch den Fülltrichter *N* eingeführt. Ein zweiter, schräg gestellter Rost aus wenigen größeren Platten *D* verhindert das Hineinfallen der Kohle in den Aschenfall und zerteilt den der glühenden Kohlenschicht zugeführten Luftstrom. Durch einen bei *W* angedeuteten Hahn tropft ein dünner Wasserstrahl in den Trog *E*, wo er sich erwärmt und in Tropfen in den Aschenfall hinabträufelt. Mit Vorteil wird dazu das vom Kühlmantel des Gasmotors abfließende, schon vorgewärmte Wasser benutzt. Ein Teil des Wassers

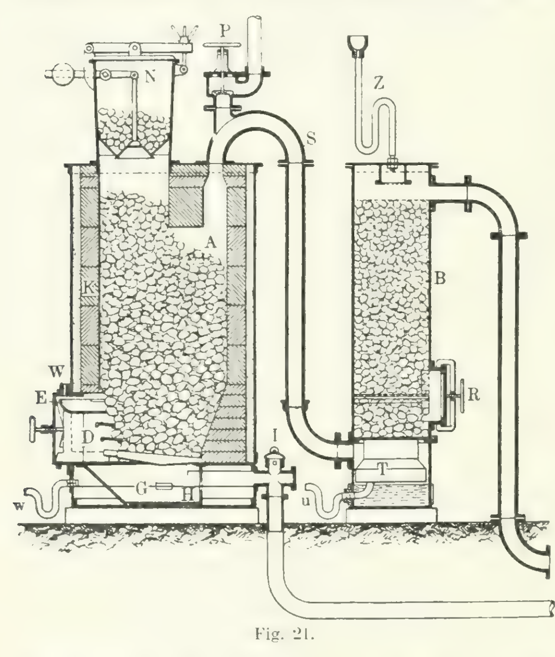


Fig. 21.

verdampft im Aschenkasten und gelangt in Dampfform in die glühende Brennstoffschicht, während der Überschuß des Wassers bei *w* abfließt. Bei *H* tritt ein von einem kleinen Gebläse eingeblasener Luftstrom unter den Rost und führt den Wasserdampf mit. Das Gas tritt durch *S* in den Skrubber *B* unter Überwindung des geringen Widerstandes im Wasserverschluß *T*, durch welchen ein Zurücktreten nach dem Generator verhindert wird. Beim Durchstreichen der auf Rosten ruhenden Koksschicht bleiben die Staubteilchen zurück und das Gas kühlt sich an dem durch den Syphon *Z* in Regenform einströmenden Wasser ab; das Kühlwasser fließt bei *u* ab und das Gas gelangt durch *Y* in den Gasometer und zur Maschine. Durch das Mannloch *R* kann alle 2 bis 3 Monate die Koksfüllung herausgenommen werden, welche dann im Generator verbrannt wird. Die Füllung des Generators erfolgt alle 5 bis 6 Stunden; alle 24 Stunden wird durch *F* die Asche herausgenommen und das Feuer zwischen den Stäben *D*

gestochert. Beim Abstellen des Motors öffnet man das Luftventil *J* bis zu einem bestimmten Hube und lüftet den Schieber *P* etwas. Dadurch entsteht während des Stillstandes ein leichter Luftzug durch den Generator, so daß man im Notfalle 1 oder 2 Tage lang das Feuer mit ganz geringem Aufwand brennend halten kann. Der Apparat wird zur Herstellung von Kraftgas empfohlen[1]. Das Gas soll folgende Zusammensetzung haben[2]:

Kohlensäure	5,0%
Kohlenoxyd	21,0%
Methan	3,5%
Äthylen	0,5%
Wasserstoff	20,0%
Sauerstoff	0,5%
Stickstoff	49,1%

Mechanische Beschickungsvorrichtungen für Gaserzeuger verwendet man vielfach bei Generatoren von über 2 m Durchmesser oder auch zur Ersparung von Handarbeit. Meist verwendet man einen Verteiler, der durch Schneckenrad oder Knarrwerk in langsame Umdrehung versetzt wird ($^1/_2$ bis 1 Umdrehung in der Minute). Dadurch breitet sich infolge der eigenartigen Gestaltung des Verteilers der Brennstoff gleichmäßig über die Oberfläche aus. Meist wird über dem Verteiler ein Brechwerk angebracht, um dicke Stücke gleichmäßig zu zerkleinern. Manche Kohlen geben hierbei allerdings viel Staub, welcher teils mit dem Gas in die Reiniger geführt wird, teils die gleichmäßige Vergasung stören kann.

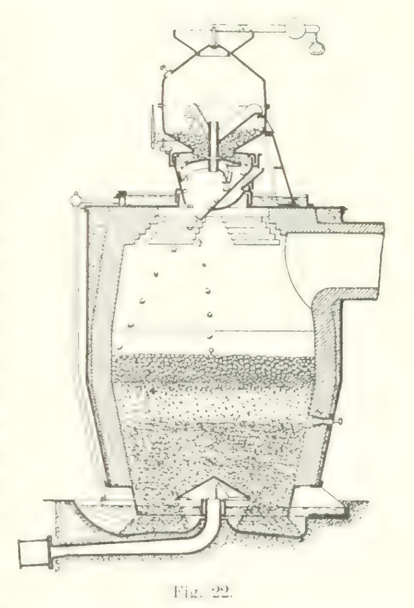


Fig. 22.

Beim Gaserzeuger von *Morgan* z. B. fällt die Kohle in einen Behälter und von da aus durch ein Rührwerk über eine Verteilscheibe in einen sich ständig drehenden exzentrischen Trichter (Fig. 22). Die Neigung der Trichterwände ist so zu bemessen, daß die an der einen Wand herabfallende Kohle an den äußersten Umfang, die an der entgegengesetzten Seite herabfallende nach der Mitte geworfen wird. Jede Stelle im Umfang hat eine andere Schrägung und entspricht also einem andern Streuradius. Der Trichter beschreibt daher einen regelmäßigen Kegel, und die ganze Fläche des Generators wird gleichmäßig und ununterbrochen mit Kohle bedeckt. Die Vorrichtung

[1] Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. 1895, 105.
[2] Industries 1893, 362; Fischers Jahresber. 1895, 91.

erleichtert die Bedienung so, daß für Anlagen mit einer Vergasung von 120 t Kohlen täglich 2 Mann zur Bedienung ausreichen.

Nach *Poetter & Co.* (D. R. P. Nr. 168 875) ist unterhalb des Fülltrichters ein Brechwerk zum Zerkleinern des Brennstoffes und unter diesem ein Streuring angeordnet, bei welchem sich die Neigung der Streuflächen nach innen und außen ständig ändert (Fig. 23).

Nach *Bildt* (D. R. P. Nr. 72 747) ist unter dem Kohlenbehälter eine rotierende Verteilungsscheibe *A* (Fig. 24) angeordnet, welche die Aufgabe hat, die Kohle über die Oberfläche des Brennstoffs *I* im Generator gleich-

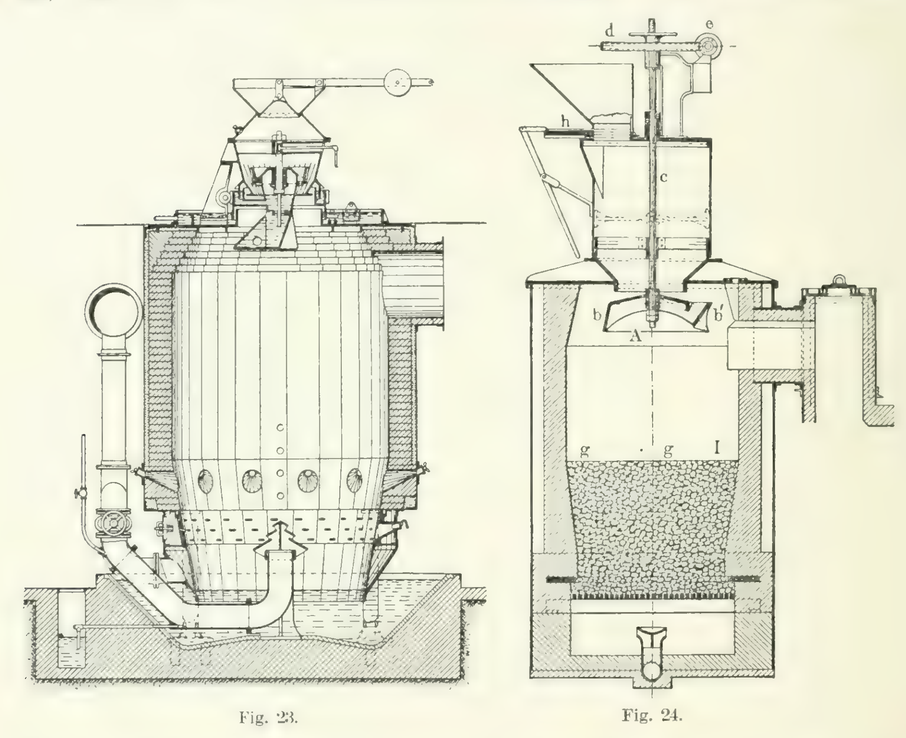


Fig. 23. Fig. 24.

mäßig zu verteilen. Die Scheibe *A* wird durch den Schaft *c*, der über den Fülltrichter hinausreicht und das Wurmrad *d* trägt, in welches der Wurm, der auf der Spindel des Stufenkegels *e* sitzt, eingreift, in drehende Bewegung versetzt. Mittels des Stufenkegels kann man die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe und damit die Begichtung regeln. Um Kohlen verschiedener Korngrößen schütten zu können, ist es möglich, die Ringöffnung zwischen der drehbaren Scheibe und dem festen Einfalltrichter zu regeln. Es geschieht dies durch Drehung des Handrades über dem Schafte *c* bei *X* oder durch eine ähnliche Vorrichtung. Stückkohle oder Gries, oder beides gemischt, werden gleichmäßig verteilt. Die Oberfläche der rotierenden Scheibe kann mehr oder weniger steil ausgeführt werden. Die Scheibe macht eine Umdrehung in 4 Minuten. Der Fülltrichter wird groß genug hergestellt, um die

verlangte, unter dem Schieber *h* befindliche Kohlenmenge zu fassen. Die Wirkung der Verteilungsscheibe *b b'* beruht auf der Spirale, welche vom Mittelpunkte der Scheibe ausgeht.

Auf die Beschickungsvorrichtungen von *Solvay* (D. R. P. Nr. 55 811), *Schulte* (D. R. P. Nr. 158 040), *George* (D. R. P. Nr. 159 889), *Anthrazitwerke* (D. R. P. Nr. 163 532), *Schmidt & Desgraz* (D. R. P. Nr. 171 053), *Queneau* (D. R. P. Nr. 207 711), *Quoilin* (D. R. P. Nr. 210 703) und *Hüllenkremer* (D. R. P. Nr. 213 427) sei verwiesen.

Mechanische Roste. Der Mischgaserzeuger von *Taylor* (D. R. P. Nr. 50 137) besteht aus einem zylindrischen Schachte aus Eisenblech, ist mit Glockenaufgebevorrichtung *A* (Fig. 25), feuerfester Ausfütterung *M* und durch Türen *D* geschlossenem Aschenfall versehen; in denselben wird durch ein Dampfstrahlgebläse *I* Wind eingeführt. Dieser tritt durch das Zentralrohr *K* ein, welches als Drehzapfen für die ringförmige, von außen mittels der Kurbel *E* drehbare Platte *G* dient. Die Verbrennungszone beginnt 0,10 m über dem Windeintrittskegel; sobald dieselbe steigt, was man durch die Schaulöcher *B* erkennt, wird sie mit der ganzen Brennmaterialmasse auf die richtige Höhe zurückgebracht, indem man, ohne den Wind abzustellen, die Platte *G* dreht. Der Apparat bewährt sich[1]. Zwei Gasproben ergaben:

	I	II
CO	27,0	27,0%
H	12,0	12,0%
CH_4	2,5	1,2%
CO_2	2,0	2,5%
N	56,5	57,3%

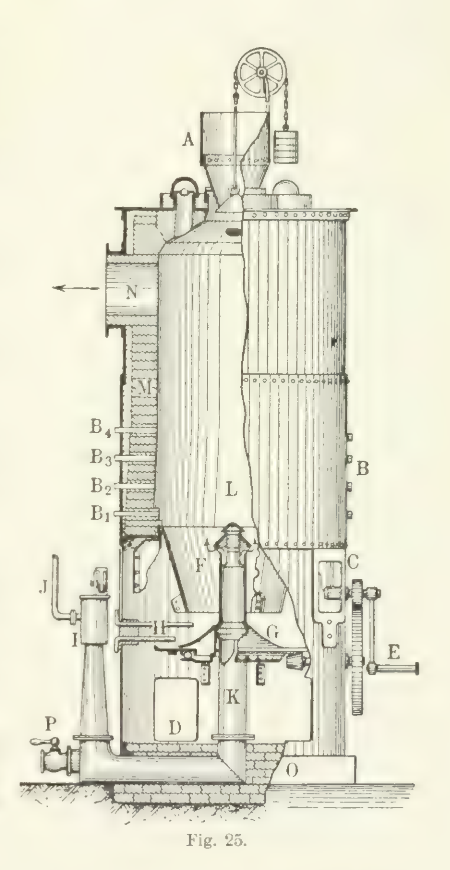


Fig. 25.

Nach *Fichet & Heurtey* (D. R. P. Nr. 74 982)[2] strömt der in dem kleinen Kessel *w* (Fig. 26) erzeugte Dampf durch das Rohr *a* zunächst nach dem im oberen Raume *h* des Überhitzers befindlichen Schlangenrohre *s*, wo er erhitzt wird, alsdann weiter durch *b* nach dem Injektor *i*, wo er die nötige Menge Luft ansaugt; mit dieser umspült er die Röhren *r* des Überhitzers und wird dann durch *c* dem Brennmaterial in der Höhe des Schauloches *R* oberhalb einer

[1] Fischers Jahresber. 1894, 89; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, 1322.

[2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, 1321; Fischers Jahresber. 1894, 88.

dicken Schicht Asche zugeführt. Die sich in S sammelnden Gase strömen durch k und die Röhren r des Überhitzers herunter nach dem Kasten Q, von wo sie entweder durch Kanäle in ungereinigtem Zustande nach der Verbrauchsstelle oder, wenn es sich um Speisung von Gasmotoren handelt, durch einen Skrubber und einen mit Holzspänen gefüllten Reiniger nach einer Glasglocke geleitet werden können. Es ist kein Rost vorhanden, sondern eine rotierende Scheibe P, die man mit der Handkurbel H in Bewegung setzen kann, so daß die durch die Drehung gelockerte Asche am Rande in den Aschenkasten fällt und von da alle 24 Stunden in einigen Minuten entfernt werden kann, ohne daß Luft eintritt. Durch die Schaulöcher R R_1 kann man sehen, wie die Verbrennung sich verhält, und ob eine Bewegung der Scheibe nötig ist. Durch die Löcher O kann man mit Kratzern dem regelmäßigen

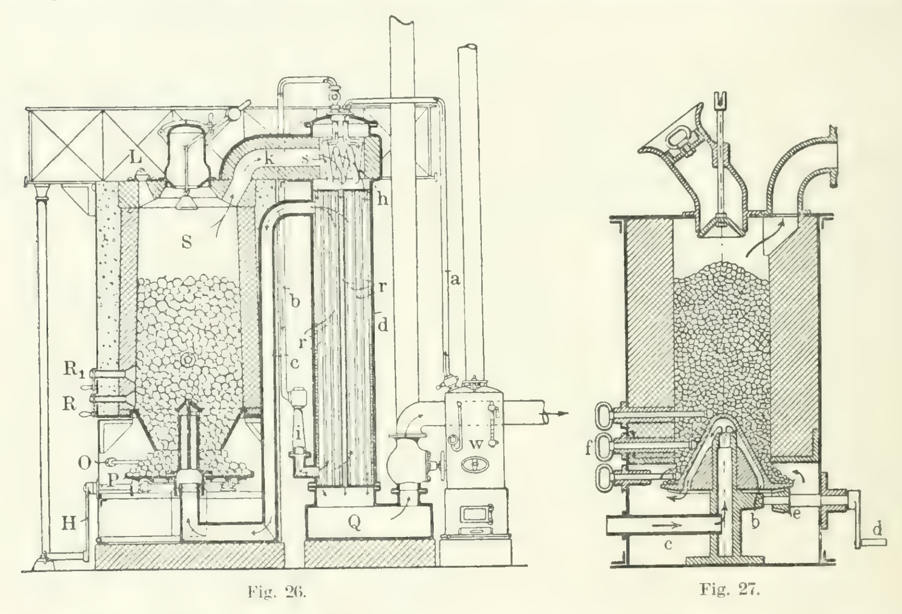


Fig. 26. Fig. 27.

Falle der Asche nachhelfen. Wenn die Brennstoffmasse nicht regelmäßig sinkt, kann man die oberen Löcher L noch zu Hilfe nehmen.

Nach Angabe der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 98 981) besteht der Boden des Generators aus einem drehbaren Kegel a (Fig. 27), dessen unterer Rand vom Rande des Ofenschachtes so weit absteht, daß der Wind genügenden Raum zum Durchtritt hat und eine Versetzung durch Schlacke nicht stattfinden kann. Der Gebläsewind wird in die Asche des Kegels a eingeführt und tritt dann, unter Kühlung desselben, durch dessen Kanäle b in den geschlossenen Raum c, um von hier erhitzt zwischen Kegel und Schacht in letzteren zu entweichen. Zur Entfernung von Schlackenansätzen am Kegel a sind im Schacht Stocheisen f verschiebbar, an welchen der Kegel a vermittels der Kurbel d und des Zahngetriebes e vorbeigedreht werden kann.

Beim Gaserzeuger von *Küppers* (D. R. P. Nr. 210 889) besteht der rotierende Rost in seinen Hauptteilen aus drei zylindrischen Gußeisenringen *a*, *b*, *c* (Fig. 28), die innen miteinander verschraubt sind. Zwischen diesen Ringen sind gußeiserne Plattenstücke *d* in der Weise eingefügt, daß zwischen den einzelnen Stücken *d* Zwischenräume *e* bleiben, welche der Drehrichtung des Rostes entgegengesetzt gerichtet sind, um eine Verstopfung durch Asche zu vermeiden. Die so entstehenden Zwischenräume vermitteln den Eintritt des durch das Windzuführungsrohr *f* zugeführten Dampfluftgemisches in das Innere des Generators. Die einzelnen Gußringe *a*, *b*, *c* sind am Umfange mit messerartig ausgebildeten, scharfkantigen Ansätzen *g* versehen, welche gegeneinander versetzt sind und an ihren nach abwärts gerichteten Flächen je eine Windaustrittsöffnung *h* besitzen. Auf den oberen Gußring *c* ist ein abgestumpfter Kegel *i* aufgesetzt, mit welchem die stark schiefkegelförmig ausgebildete Haube *k* fest verbunden ist. Die Haube wird ausschließlich durch Dampf gekühlt, welcher aus dem Dampfrohr *l* austritt. Der Rost geht unten in ein Zentralrohr *m* über, an welchem die Aschenschüssel *n* befestigt ist. Die Verbindung des unteren Rostteiles mit dem ringsum schräg nach unten führenden Aschenfall *o* vermitteln sechs schraubenförmig stehende Rippen *p*, wodurch der ganze untere Rostteil bei der Drehung als Aschentransportschraube wirkt und ein ungehindertes Vordringen der Asche nach der Aschenschüssel *n* ermöglicht, woraus die sich ansammelnde Asche nach Bedarf leicht entfernt werden kann.

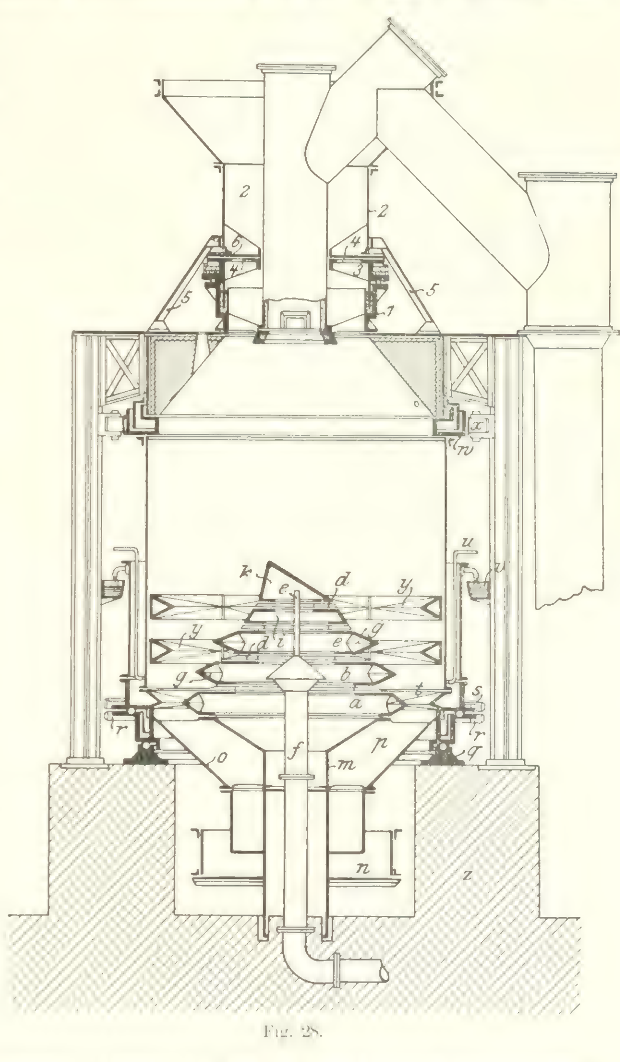


Fig. 28.

Nach *Chavanne* (D. R. P. Nr. 211 167) ist der drehbare konische, mit Spiralstufen versehene Boden in einem kreisförmigen Ausschnitt der feststehenden Ofensohle angeordnet. — Drehrost von *Dittmann* (D. R. P. Nr. 208 287) mit Schlackenentfernung.

Nach *Poetter & Co.* (D. R. P. Nr. 216 160) ist die mit Wasser gefüllte Rostschale *b* (Fig. 29) des Gaserzeugers mit einem ungleichseitigen Kegel *c* versehen, welcher die Asche und Schlacke bei Drehung der Rostschale aus der Mitte derselben heraus nach dem Rande schiebt. In der Mitte der Rostschale ist feststehend die Windzuführung *d* angeordnet. Die Rostschale ruht mit Lagern auf Kugeln *e* und ist an ihrem Oberrand mit einem Zahnkranz *f* versehen, in welchen eine Schnecke *g* eingreift, bei deren Drehung die Rostschale in Umdrehung gesetzt wird. Unterhalb des Mantels des Gaserzeugers ist eine schaufelförmige Platte *h* angeordnet, welche um einen Zapfen der an dem Generatormantel oder einer Tragsäule für diesen angebracht ist, gedreht werden kann. Diese Platte ragt in den Gaserzeuger hinein und kann sich an den Kegel *c* der Rostschale anlegen. Das außerhalb des Gaserzeugers liegende Ende der Platte *h* erstreckt sich bis an den Rand der Rostschale und überragt ihn. Je nach Stellung der schaufelförmigen Platte *h* wird die Auswurfmenge der Asche und Schlacke bei Drehung der Rostschale bestimmt.

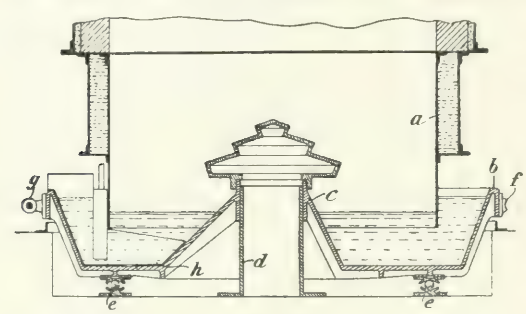


Fig. 29.

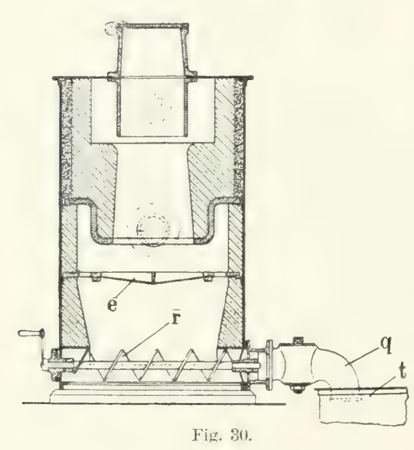


Fig. 30.

Die Vorrichtung zur Entschlackung von Gaserzeugern von *Gebr. Körting* A.-G. (D. R. P. Nr. 157 496) besteht aus einer der Größe des Rostes entsprechenden Anzahl kasten- oder muldenförmiger, unten und an den Enden offener Körper oder nach D. R. P. Nr. 175 834 einem in Kammern geteilten Schieber.

Bei dem Gaserzeuger von *Scheben & Krudewig* (D. R. P. Nr. 169 684) ist der Boden des Raumes unter dem Rost *e* (Fig. 30) zu einem Kanal ausgebildet, in dem eine Förderschnecke *r* gelagert ist. An den Schneckenkanal schließt sich ein Rohr *q* an, welches unter Wasser in den Wasserbehälter *t* ausmündet. Durch Drehen der Schnecke wird die Asche in den Behälter *t*

gefördert, ohne daß einerseits Luft in den Generator gelangt und andererseits die beim Ablöschen der Schlacke entstehenden Wasserdämpfe in den Rostraum zurückströmen und die Zusammensetzung des Generatorgases unerwünscht beeinflussen können.

Blezinger (D. R. P. Nr. 167 469 und 173 405) verwendet zur Entfernung der Schlacke ausfahrbare Roste, *G. Heckert* (D. R. P. Nr. 207 378) einen verschiebbaren Rost.

Nach *A. Custodis* (D. R. P. Nr. 217 463) ist am unteren Teile der Schüssel ein Zahnkranz *e* (Fig. 31) vorgesehen, in den ein Schneckenrad *f* eingreift, das die Schüssel in der Pfeilrichtung bewegt. In der Mitte der Schüssel befindet sich der in den Generator hineinragende sternförmige Rost *g*, welcher gerade, gebogene oder geknickte Arme *h* besitzt, die an der Oberseite satteldachförmig und mit schmalen Schlitzen oder Löchern versehen sind. Luft und Dampf werden dem Generator durch den als Rohr ausgebildeten Spurzapfen *n* zentral zugeführt, von wo aus sich das Gemisch in die Arme des Rostes gleichmäßig verteilt.

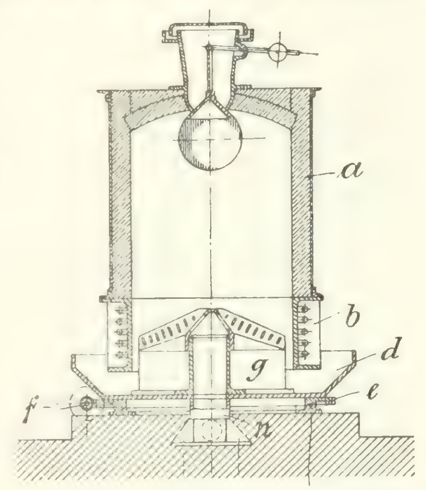


Fig. 31.

Die Einleitung von Kohlensäure in den Generator zur Herstellung von an Kohlenoxyd reichen Gasen wurde mehrfach vorgeschlagen; *v. Ehrenwerth* wollte dadurch das Hochofengas verbessern (s. d.). *F. Siemens*[1] führte Verbrennungsgase in den Generator. Man hat ferner die Abgase von Kalkbrennöfen eingeleitet. — *H. Trachsler* und *F. Ernst* (D. R. P. Nr. 211 575) wollen Carbonate, z. B. Kalkstein, in den Generator einführen, dessen Kohlensäure zu Kohlenoxyd reduziert werden soll. Abgesehen davon, daß dieser Vorschlag praktisch kaum durchführbar ist, erscheint die Verwendung von Kohlensäure wenig vorteilhaft. Verglichen mit Wasserdampf:

$$C + CO_2 = 2\,CO - 388 \text{ hw},$$

$$C + H_2O = CO + H_2 - 288 \text{ hw (zusammengezogen)},$$

geben 12 k Kohlenstoff mit Kohlensäure 44,4 cbm Kohlenoxyd; mit Wasserdampf 22,2 cbm Kohlenoxyd und 22,2 cbm Wasserstoff (vgl. S. 18). Die Zersetzung von Kohlensäure erfordert viel mehr Wärme, somit zur Erzeugung derselben wesentlich mehr atmosphärische Luft, zudem verursacht die Beschaffung der Kohlensäure Kosten. Will man aber die Kohlensäure aus Kalköfen oder Feuerungen verwenden, so muß auch der darin enthaltene Stick-

[1] Engl. Pat. 1889, Nr. 4644; vgl. D. R. P. Nr. 69 651, 72 891 u. 72 899. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1890, 189; 1894, 83.

stoff auf die Zersetzungstemperatur der Kohlensäure erhitzt werden, so daß die Verwendung von Kohlensäure statt Wasserdampf unvorteilhaft ist[1].

Die *Deutsche Bauke-Gas-Gesellschaft* (D. R. P. Nr. 175 832, 197 038 und 206 699) will Kohlenstoffverbindungen in die glühende Brennstoffschicht einblasen. Ob für Kraftgas vorteilhaft?

Sauggas aus Anthrazit und Koks.

Um den besonderen Dampfkessel und den Gasometer zu vermeiden, verband *Bénier* (D. R. P. Nr. 73 945) mit seinem Motor eine Pumpe, welche dem Kraftbedarf entsprechend Luft und Wasserdampf durch den Generator hindurch saugt und direkt in den Arbeitszylinder befördert. Als Dampferzeuger dient ein eigentümlich geformter, drehbarer Hohlrost. Im Aschenfallgehäuse l (Fig. 32) liegt drehbar eingefügt der Hohlzylinder m, er trägt in seiner Mitte eine Anzahl weit vorspringender Rippen k. Diese Rippenringe füllen den unteren quadratischen Querschnitt des Generatorschachtes aus und dienen als rostartige Auflage für den Brennstoff, während das Dampfluftgemisch durch die Räume zwischen den einzelnen Rippen seinen Eintritt in das Feuer nimmt. Zu bestimmten Zeiten wird der „Rostzylinder", welcher im übrigen luftdicht in den Generatorwandungen gelagert ist, an dem Sechskant n gedreht. Es kommen dann andere Teile der Rippen als Rost in Benutzung, und die außer Tätigkeit gesetzten können von der Seite her, durch eine Öffnung in der Aschenkastenwand, gereinigt werden. Das erzeugte Gas wurde im Kühler A B gewaschen.

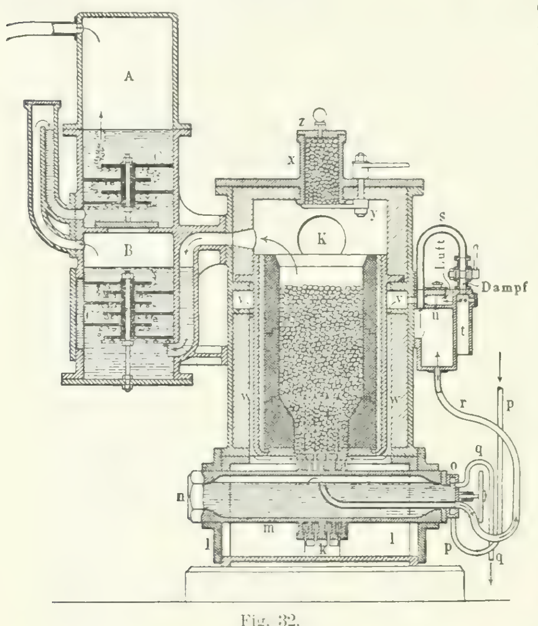


Fig. 32.

Die Einrichtung hat begreiflicherweise keinen Beifall gefunden, wohl aber der Gedanke, Sauggas zu verwenden. Die Anlagen beanspruchen weniger Platz, sind billiger und weniger gefährlich, da während des Betriebes in denselben Unterdruck herrscht.

Hopkins (D. R. P. Nr. 128 357) und *Sonderegger* (D. R. P. Nr. 163 356) wollen dementsprechend die Maschine so mit dem Gaserzeuger verbinden,

[1] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1890, 190.

daß durch die Saugwirkung der Maschine Luft und Wasserdampf in solchen Mengen in den Erzeuger eingesaugt werden, als zur Erzeugung der durch die Saugwirkung der Maschine in diese eingesaugten Gasmengen notwendig ist.

Bormann (D. R. P. Nr. 173 079) empfiehlt einen Sauggasgenerator, bei welchem von oben her Luft, von unten her durch einen unteren Rost hindurch ein Dampfgemisch (Wasserdampf, Alkoholdampf usw.) eingesaugt wird und das erzeugte Gas oberhalb des unteren Rostes abzieht. „Nur dadurch, daß der untere Rost bis an die Austrittsöffnungen des austretenden Gases gerückt ist, ist es möglich, den zu zersetzenden Schlacken und dem zu verbrennenden Koks durch die entweichenden sehr heißen Gase ununterbrochen so viel Wärme noch zuzuführen, daß eine ununterbrochene Zersetzung des zugeführten Wasserdampfes in Wasserstoff und Sauerstoff auf dem unteren Rost erfolgen kann. Der hierbei frei werdende Sauerstoff und Wasserstoff

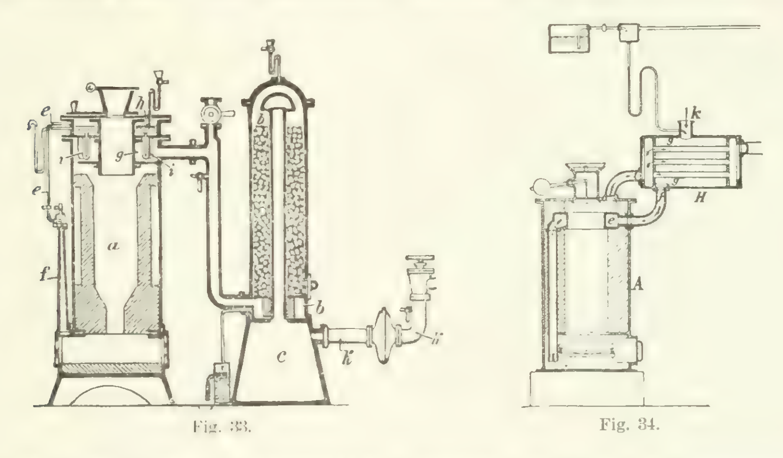


Fig. 33. Fig. 34.

verbindet sich mit dem Kohlenstoff der glühenden Schlacke und des glühenden Koks.“ — Das ist nicht richtig.

Bei den neueren Anlagen wird der erforderliche Wasserdampf meist durch die Wärme der abziehenden Gase oder den Generator selbst erzeugt.

Nach *Oswald* (D. R. P. Nr. 133 577) ist in dem Generator *a* (Fig. 33) ein ringförmiger Wasserdampfkessel *h* und unterhalb desselben eine Ringkammer *g* angeordnet, in welch letztere eine Anzahl Fieldscher und mit ihren oberen Enden in der Bodenplatte des Kessels befestigter Rohre *i* hineinragen. Der Kessel *h* steht mit dem unteren Ende des Generators *a* durch die Rohre *e*, *f* in Verbindung, und die in der Kammer *g* angesammelten Gase gelangen nach dem üblichen Durchziehen eines Skrubbers *b* zu einer Expansionskammer *c* und unmittelbar durch eine Leitung *k* zum Motor.

Croon (D. R. P. Nr. 171 637) verwendet ebenfalls einen ringförmigen Verdampfer oben am Generator.

Nach Angabe der *Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik* (D. R. P. Nr. 138 341) werden zwischen dem Generator *A* (Fig. 34) und dem Gasmotor

Verdampfer H eingeschaltet, an deren Wandungen die aus dem Generator abziehenden heißen Gase zur Erhitzung der Wandungen vorbeigeleitet werden. Die dem Generator zuzuführende Luft wird auf dem Wege k, g, f, c an den heißen Wänden stark erhitzt und die für den Arbeitsprozeß des Gasmotors jeweils nötige Wassermenge behufs sofortiger Verdampfung in den Luftzuführungsweg geleitet.

Nach *Herhold* und *Dresdener Gasmotorenfabrik* (D. R. P. Nr. 156 512 und 164 517) tritt das zu verdampfende Wasser durch die beiden Rohre k (Fig. 35) tropfenweise auf die erste der Rippen h, fließt von dort auf eine Rippe g, dann wieder auf eine Rippe h und so fort, bis es vollständig verdampft ist. Der entwickelte Dampf kann durch die senkrechten Kanäle n zwischen dem Rahmen und den Rippen nach dem oberen Dampfraum steigen, wobei sich derselbe an den Wandungen des Rahmens c noch mehr erwärmt, und wird dann durch das Rohr m nach der Feuerung des Generators geführt.

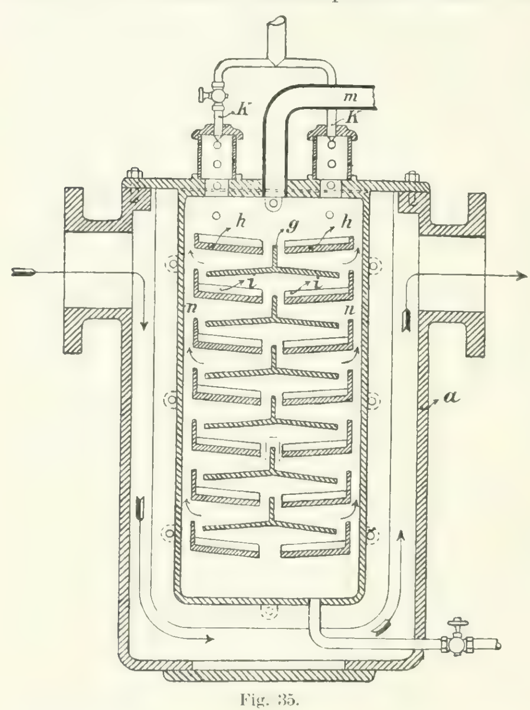


Fig. 35.

Nach *Viarmé* (D. R. P. Nr. 164 437) tritt infolge der vom Motorkolben ausgeübten Saugwirkung die Luft in den Verdampfer von oben gleichzeitig mit einem dünnen Wasserstrahl ein. — *Voigt* (D. R. P. Nr. 161 586) will die Verdampfung des Wassers durch Dochte u. dgl. beschleunigen. — Nach *E. Bardot* (D. R. P. Nr. 194 469) sind in dem Behälter Drahtsiebe zur Zerteilung des auftropfenden Wassers angeordnet, durch welche die Verbrennungsluft hindurchtritt.

Nach *Mees* (D. R. P. Nr. 160 449) ist der Ausblasetopf T (Fig. 36) des Motors von einem Mantel R umgeben. Letzterem fließt durch einen Trichter n das zu verdampfende Wasser aus einer mit einem Regelungshahn versehenen Leitung zu. Das Wasser rieselt über die von den Abgasen des Motors beheizten Flächen des Ausblasetopfes herab und sammelt sich, soweit es an diesen Flächen nicht verdampft, in dem ringförmigen Zwischenraum zwischen den Wandungen des Ausblasetopfes und des ihn umgebenden Mantels. Wird so viel Wasser zugeführt, daß es in diesem ringförmigen Raume bis zur Mündung der in den Ausblasetopf P eingebauten Rohrschlangen P ansteigt,

so rieselt der im Mantel *R* nicht verdampfte Rest des Wassers in diesen Schlangen herab, auf dem Wege bis zum Austrittsstutzen *u*, in welchen beide Rohrschlangen münden, völlig verdampfend. Die Verdampfung des Wassers in den Rohrschlangen wird dadurch unterstützt, daß auch die gleichfalls durch den Trichter *n* in den Verdampfermantel *R* tretende Vergasungsluft, welche sich mit dem darin erzeugten Dampf mischt, unter der Saugwirkung des Motors oder des Gaserzeugers durch die Rohrschlangen *P* streicht, somit in ständiger Berührung mit dem herabrieselnden Wasser und mit dem erzeugten Dampf steht. Die Auspuffgase des Motors treten durch das gut isolierte Rohr *O* in den gleichfalls isolierten Boden *B* des Ausblasetopfes ein, werden durch das zentrale Rohr *h* möglichst heiß bis dicht unter den oberen gewölbten Boden des Ausblasetopfes geleitet, geben hier bereits einen großen

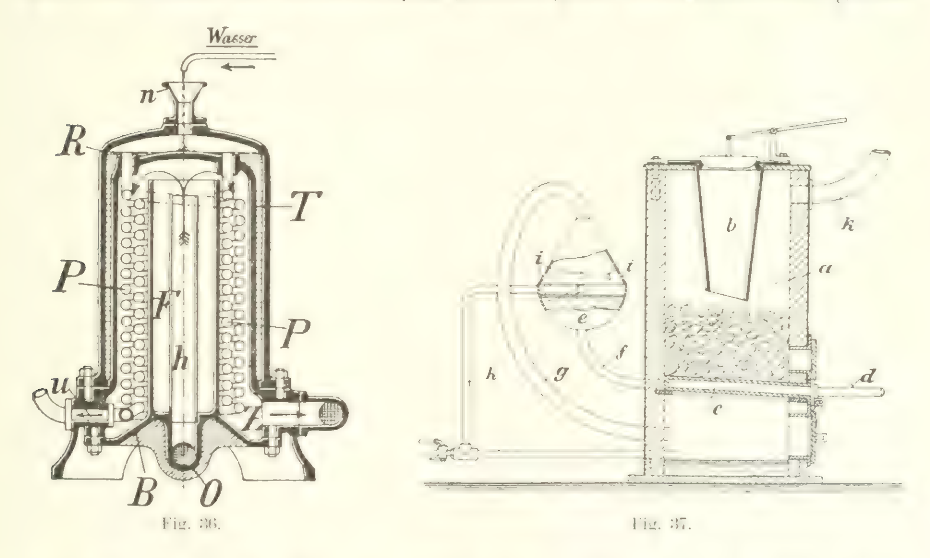


Fig. 36. Fig. 37.

Teil ihrer Wärme an das über diesen Boden herabrieselnde Wasser ab und strömen alsdann durch den ringförmigen Raum, welcher durch einen am Boden des Ausblasetopfes *B* angegossenen Hohlzylinder *F* und die Wand des Ausblasetopfes gebildet wird, dem Ausgangsstutzen *Z* zu, von wo sie durch ein Rohr ins Freie entweichen.

Nach *C. Fe'ers* (D. R. P. Nr. 152 806) wird in den Schacht *a* (Fig. 37) durch das Gichtrohr *b* der Koks eingefüllt. Die sämtlichen Stäbe des Rostes *c* sind hohl und an eine Wasserzuleitung *d* angeschlossen. Außerdem ist der Rost *c* durch das Rohr *f* mit der Wasserblase *e* verbunden, und es steigt das in dem Roste stark vorgewärmte Wasser in die hochgelegene Wasserblase *e*, in welcher bei gleich hoch bleibendem Wasserstand die Dampfmenge über der Wasseroberfläche dadurch geregelt wird, daß man durch das Rohr *d* mehr oder weniger Wasser durch den Rost *c* treten und in die Blase *e* steigen läßt. Ist der Wasserzufluß stärker, so werden im Rost *c* weniger Dampf-

blasen gebildet, auch wird die Verdunstung in *e* schwächer. Der Wasserspiegel in der Blase *e* wird durch ein Überlaufrohr *h* stets auf derselben Höhe und in derselben Größe gehalten. Die Luft tritt durch die Löcher *i* in die Blase *e* ein, sättigt sich mit Wasserdampf, und das Gemisch gelangt durch das Rohr *g* unter den Rost *c*. Durch das Rohr *k* saugt der Motor.

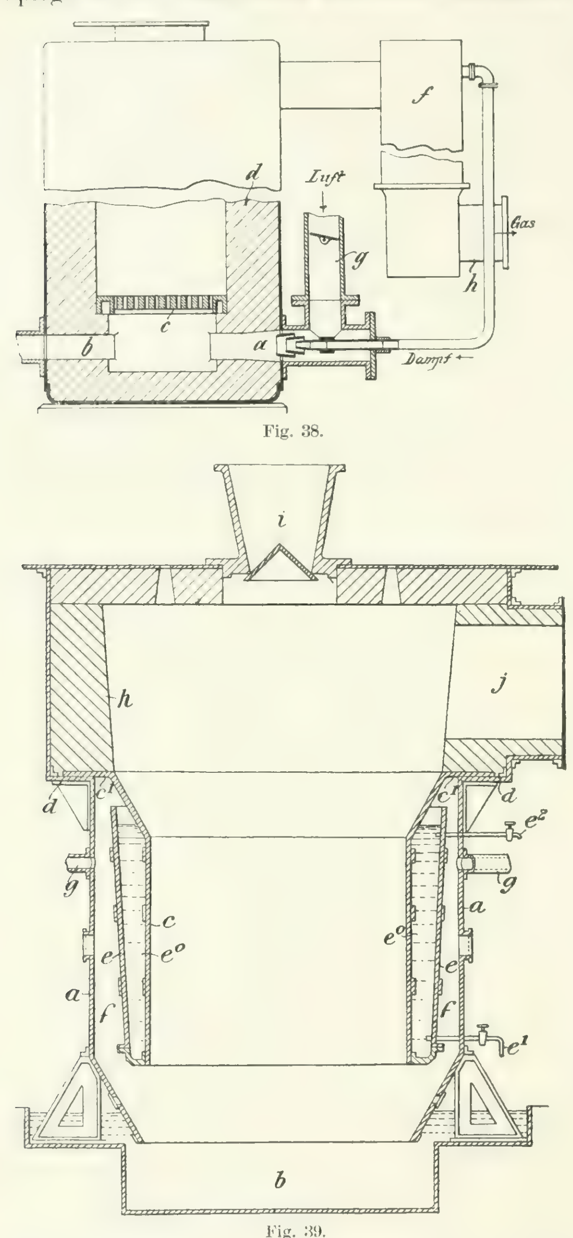


Fig. 38.

Fig. 39.

Bei dem Sauggaserzeuger von *H. Gerdes* (D. R. P. Nr. 152 690) wird der zur Gaserzeugung benötigte Dampf durch die abziehenden, nach dem Gasmotor tretenden heißen Gase entwickelt und mittels einer Injektoreinrichtung unter Ansaugung der Verbrennungsluft in den Aschenraum geblasen. In dem Aschenraum ist eine Öffnung *b* (Fig. 38) vorgesehen, durch welche derjenige Teil des Dampfluftgemisches austreten kann, welcher bei verringerter Saugwirkung des Motors nicht benötigt wird. Das in dem Gaserzeuger *d* entwickelte Gas wird in bekannter Weise durch ein Kühlvorgelege *f* geführt, in welchem der zur Erzeugung des Gases benötigte Dampf entwickelt wird. Dieser Dampf wird durch eine Injektoreinrichtung *a* unter den Rost *c* des Gaserzeugers geblasen und reißt hierbei die durch das Rohr *g* zugeführte Luft mit.

Nach *H. Becker* und *O. T. Greener* (D. R. P. Nr. 197 726) wird der Außenmantel *a* (Fig. 39) am Unterende durch das Wasser im Trog *b* abgeschlossen.

Innerhalb dieses Mantels liegt der zylindrische Metallkörper c, der am oberen und unteren Ende offen ist und mit einem Flansche c^1 auf dem Absatze d des Mantels a aufliegt. Dieser Hohlkörper c wird von einem Zylinder e umgeben, so daß ein mit Wasser zu füllender und als Dampfkessel zu benutzender Raum e^0 entsteht. Durch diesen Raum e^0 zirkuliert Wasser, das durch die Rohre e^0 und e^1 in regelbarer Menge zu- bzw. abgeführt wird. Zwischen dem Zylinder e und dem Mantel a verbleibt ein freier Raum f, in welchen die Lufteinlaßrohre g münden. Der obere Teil des Gaserzeugers ist mit einer Backsteinmauer h ausgekleidet. Zur Brennstoffzufuhr dient der Trichter i, zur Ableitung des Gases die seitliche Öffnung j. Der durch den Trichter i dem Gaserzeuger zugeführte Brennstoff gelangt in den Körper c und ruht auf der Asche auf, welche sich in dem Trog b ansammelt. Das Feuer wird durch Luft unterhalten, welche in den Raum f eingesaugt wird und von hier aus in das Unterende des Körpers c und in den Brennstoff gelangt. Durch die Hitze der glühenden Kohlen wird Dampf in dem Wasserraum e^0 erzeugt, welcher in den Raum f übertritt, wo er sich mit der Vergasungsluft mischt.

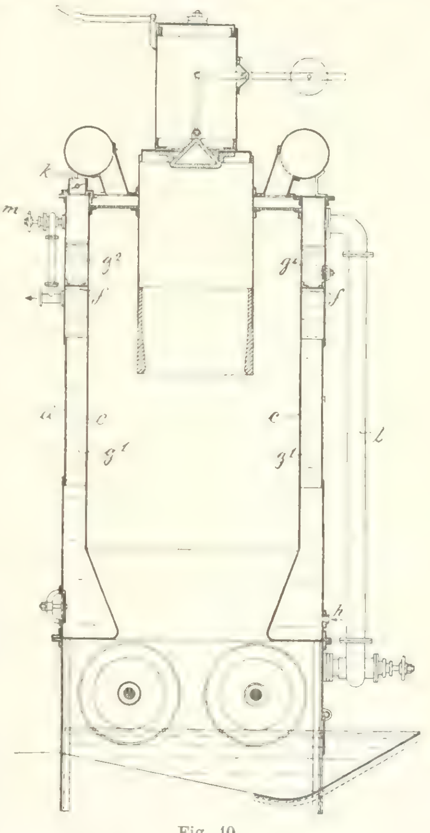


Fig. 40.

Reichling (D. R. P. Nr. 213 961) umgibt den ganzen Generator mit einem durch Querwand F (Fig. 40) in zwei Teile g geschiedenen Wassermantel, um das im unteren Teile g^1 erwärmte Wasser auch zu anderen Zwecken verwenden zu können. Das in den Raum g^2 durch eine besondere Leitung eingeführte Wasser gelangt auch in diesem Raume zur genügenden Verdampfung, so daß der bei k regelbar eintretende Luftstrom sich genügend mit Dampf ansättigen und durch die Leitung l zum Roste gelangen kann. Sinkt aber die Wärmeabgabe und ist somit der Luftstrom nicht mehr genügend angereichert, so wird das Düsenventil m geöffnet, und es spritzt dann aus dem Raume g^1 heißes Wasser in den Raum g^2 ein und gelangt hier zur Verdampfung.

Dieser Wassermantel um den Generator entzieht der Feuerung Wärme und stört dadurch die Reduktion der Kohlensäure (vgl. S. 61).

Nach *Dürr & Hudler* (D. R. P. Nr. 169 377) zweigen die Gasabzugskanäle g und h (Fig. 41) von einer mittleren Verteilungskammer aus um den

Brennstoffraum b nach oben und unten ab und münden an den Enden in mit Ventilen versehene Abzugsrohre i, k ein, wobei der Dampfentwickler o so angeordnet ist, daß er von dem einen Teil g der Gaskanäle umspült wird, so daß durch Verstellen der Regelungsventile nach Bedarf ein stärkerer oder geringerer Abzug nach oben oder unten und dadurch eine stärkere oder schwächere Dampfbildung erzielt wird. — Dieselben (D. R. P. Nr. 165 143) empfehlen zur Kontrolle an der Gasleitung ein Gasglühlicht anzubringen.

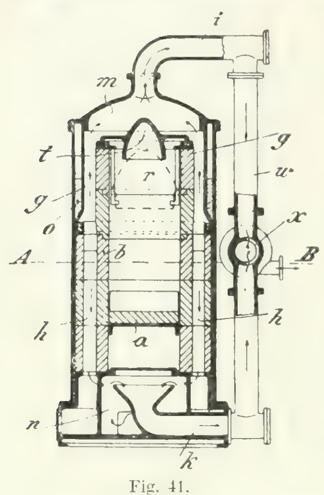


Fig. 41.

Von den zahlreichen Vorschlägen zur selbsttätigen Regelung der Wasser- bzw. Dampfzuführung mögen folgende erwähnt werden:

Nach Angabe der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 197 556) ist in der Gasleitung des Motors eine verengte oder gedrosselte Stelle a (Fig. 42) angeordnet, und es ist die Gasleitung vor und hinter der Verengerung mit den beiden Seiten eines durch eine Membran, Kolben od. dgl. c in zwei Teile geteilten Gehäuses d verbunden. In der Zeichnung ist die rechte Seite des durch Membran c geteilten Gehäuses durch eine Zweigleitung b mit der Gasleitung hinter der Drosselstelle, die linke Seite durch Zweigleitung b' mit dem Teile der Gasleitung vor der Membran verbunden. Die Membran wirkt

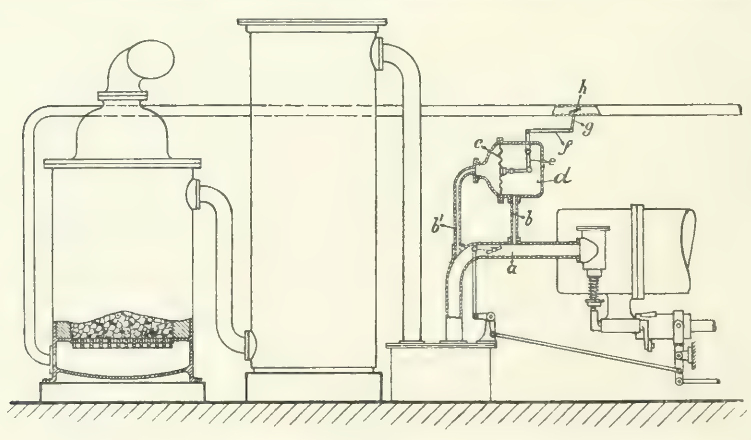


Fig. 42.

durch eine geeignete Hebelverbindung e, f, g auf das in der Dampf- bzw. Wasserzuleitung zum Generator vorgesehene Regelorgan h in der Weise ein, daß eine Durchbiegung der Membran nach rechts (d. i. nach der Seite hinter der Drosselstelle) die Durchlaßöffnung bei h vergrößert und eine Durchbiegung derselben nach der anderen Seite das Gegenteil bewirkt. Das Durch-

biegen der Membran wird nun durch die Druckdifferenz hervorgerufen, die durch die Saugwirkung des Motors vor und hinter *a* eintritt, und zwar wird die Druckdifferenz und hiermit der Grad der Durchbiegung der Membran um so größer sein, je stärker die Saugwirkung des Motors ist bzw. je mehr Gas dieser ansaugt. Dagegen hat die Größe des Saugwiderstandes im Generator, also der in diesem und in der Leitung vorherrschende absolute Unterdruck keinen Einfluß auf die Druckdifferenz in *b* und *b'*, da eine im Generator erfolgende Verengerung des Saugquerschnittes auf beide Rohre *b* und *b'* zugleich einwirkt und deshalb eine Durchbiegung der Membran nicht bewirken kann. Hieraus ergibt sich, daß durch die vorliegende Vorrichtung die Menge des in den Generator eingeführten Wassers bzw. Dampfes tatsächlich stets mit der Menge des vom Motor angesaugten Gases in gleichbleibendem Verhältnis steht.

Nach *Delassus* (D. R. P. Nr. 159 727) ist in die Dampfleitung zwischen dem Dampferzeuger und dem Gaserzeuger ein Hahn od. dgl. eingeschaltet, welcher von dem Gasventil der Gasmaschine aus derart gesteuert wird, daß die Dampfzufuhr zum Gaserzeuger bei größter Belastung der Gasmaschine am größten ist, während sie bei abnehmender Leistung der Gasmaschine abnimmt und beim Leerlauf vollständig abgeschnitten wird.

Die Vorrichtung zur Regelung der Dampf- und Luftzufuhr für Mischgaserzeuger mit Lauftansaugung von *M. Taylor* (D. R. P. Nr. 118 207) ist gekennzeichnet durch zwei von einem in die Verbrauchsleitung eingeschalteten elastischen Beutel mittels Hebelübertragung gesteuerte Ventile, deren eines bei zu starker Gaserzeugung die Dampfzufuhr hemmt, während das andere sich öffnet und dadurch ein Zurückströmen des Gases aus der Verbrauchsleitung in den Gaserzeuger ermöglicht.

Nach *Genty* (D. R. P. Nr. 144 718) erfolgt die Bildung des Dampfluftgemisches mit Hilfe von zwei Dampferzeugern, einem, in welchem der angesaugten Luft nur eine ungenügende Dampfmenge für die Zusammensetzung des Gemisches zugeführt wird, und einem zweiten Apparat zur Lieferung des ergänzenden Zuschusses, der durch eine Vorrichtung geregelt wird, welche von der Temperatur der aus dem Gaserzeuger austretenden Gase abhängig ist.

Nach *A. Illy* (D. R. P. Nr. 162 288) wird der Druck der Auspuffgase der Gasmaschine zur Regelung des Wasserzuflusses zu dem den Dampf für den Gaserzeuger liefernden Verdampfer benutzt.

Nach *A. Saurer* (D. R. P. Nr. 164 358) erfolgt die Regelung des zur Dampferzeugung nötigen Wasserzuflusses entsprechend der im Gaserzeuger und in den daraus abziehenden Gasen vorhandenen Temperatur; ferner erfolgt durch die in bekannter Weise an der äußeren Wand des Gaserzeugers hinabgeführten Gase gleichzeitig eine Isolierung des Gaserzeugers und eine Vorwärmung der zur Herstellung des Dampfluftgemisches erforderlichen Luft.

Nach dem ferneren Vorschlage von *Saurer* (D. R. P. Nr. 173 404) erfolgt die Regelung der Zuflußmenge des zur Dampferzeugung nötigen Wassers

nicht nur entsprechend der im Gaserzeuger und in den daraus abziehenden Gasen vorhandenen Temperatur, sondern auch entsprechend dem im Gaserzeuger bzw. dem Verdampfer herrschenden Unterdruck.

Nach *Scheben & Krudewig* (D. R. P. Nr. 148 584 und 152 917) wird das Explosions- bzw. Auspuffrohr des Motors durch einen Wasserbehälter geleitet, so daß sich bei jeder einzelnen Explosion eine gewisse Menge Dampf bildet und dem Rost zuströmt.

Bei der selbsttätigen Speisevorrichtung für Verdampfer von Sauggaserzeugern von *A. Lüderitz* (D. R. P. Nr. 169 490) kann die dem Gaserzeuger durch das Ansaugen zugeführte Luft nur durch die Luftleitung *b* (Fig. 43) eintreten und muß hierbei die sich nach innen öffnende,

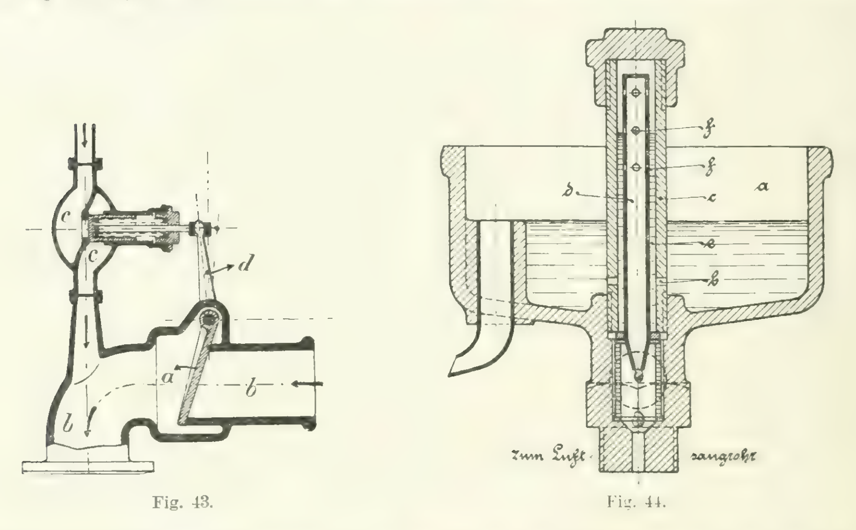


Fig. 43. Fig. 44.

dicht abschließende Klappe *a* heben, und zwar ist die Öffnungsdauer und der Hub der Klappe *a* durch die Größe der angesaugten Luftmenge bedingt. Die Abschlußklappe *a* wirkt nun mittels eines Hebelsystems *d* so auf ein in die Druckwasserleitung eingeschaltetes Wasserabsperrventil, daß die Öffnungsdauer beider gleich lang und die Hübe proportional sind; die dem Verdampfer jeweils zugeführten Wassermengen sind infolgedessen auch proportional der angesaugten Luftmenge.

Nach *H. Güldner* (D. R. P. Nr. 165 290) steht die Wasserschale *a* (Fig. 44) durch die Löcher *b* mit dem Steigrohr *c* in Verbindung. In diesem Steigrohr *c* ist noch ein Überlaufrohr *d* untergebracht, dessen unteres Ende dicht in den Fuß der Wasserschale eingesetzt ist und durch diesen in die Luftzuführungswege des Gaserzeugers führt. Solange die Wassersäulen in der Schale *a* und in dem Ringraum *e* im Gleichgewicht sind, erreicht der innere Wasserspiegel die Überlauflöcher *f* des Röhrchens *d* nicht. Während des Saughubes des Motors entsteht nun in den Luftzuführungswegen des Gaserzeugers ein Unter-

druck, der sich in den Ringraum *e* fortsetzt und darin ein Ansteigen des Wasserspiegels bis über die Überlauflöcher *f* verursacht. Es fließt jetzt eine entsprechende Menge Wasser durch das Überlaufrohr *d* nach unten ab und mischt sich mit der zu dem Gaserzeuger strömenden Luft. Sobald die Saugwirkung des Motors aufhört, sinkt der Wasserspiegel in dem Ringraum *e* wieder bis unter die Abflußlöcher *f* zurück, und die Abgabe von Wasser ist unterbrochen.

Die *Crimmitschauer Maschinenfabrik* (D. R. P. Nr. 178 843) empfiehlt ein mit Wasser gefülltes Gefäß *a* (Fig. 45), in das eine einen Schwimmer *z* umschließende und mit der Saugleitung *k* verbundene Glocke *b* taucht und das

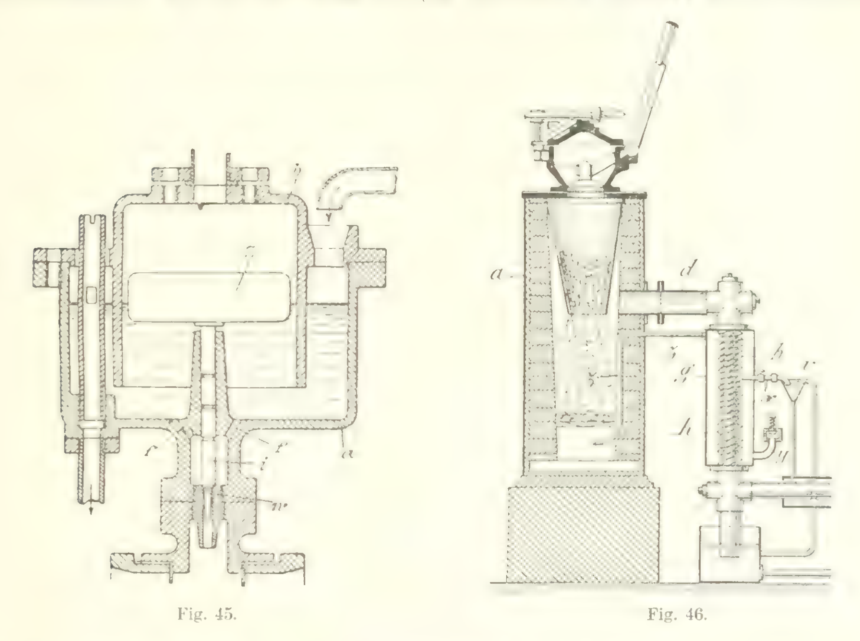


Fig. 45. Fig. 46.

am Boden mit einem für die Wasserabgabe dienenden, vom Schwimmer *z* gesteuerten Ventil *w* versehen ist.

Nach *J. Pintsch* A.-G. (D. R. P. Nr. 152 690) wird ein Dampfstrahlgebläse geschaltet, dessen Dampfdüse so bemessen ist, daß der in dem Verdampfer erzeugte Dampf eine Spannung von etwa 2 m Wassersäule bei normalem Betriebe erreicht. Selbstverständlich ist der Verdampfer mit allen nötigen Sicherheitsvorrichtungen versehen, die eine höhere Dampfspannung in dem Verdampfer auf keinen Fall zulassen. Das Dampfstrahlgebläse ist so geregelt, daß eine der Dampfmenge für die günstigste Gaserzeugung angepaßte Luftmenge angesaugt und zusammen mit dem Dampf in den Generator gedrückt wird. Unterhalb des Generators ist außerhalb noch eine zweite Leitung vorhanden, die ins Freie führt, durch welche das überschüssige Dampfluftgemisch vom Generator aufgenommen wird.

Nach *A. E. Kiderlen* (D. R. P. Nr. 157 326) ist der unter dem Rost befindliche Raum durch ein Rohr *z* (Fig. 46) mit dem Hohlraum des Erhitzers *g* verbunden, in dem die Erhitzung und Verdampfung des Wassers auf Schraubengängen *h* erfolgt. Die Schraubengänge legen sich um das Rohr *d*, welches einerseits in den Gaserzeugerschacht mündet, andererseits nach dem Reiniger geht. Die Wasserspeisevorrichtung besteht aus einem Gefäß *v* mit gleichbleibendem Flüssigkeitsspiegel, aus dem das Wasser durch das Rohr *x* auf die Schraubengänge des Erhitzers rieselt. *y* ist ein den Eintritt atmosphärischer Luft in den Erhitzer gestattendes Ventil mit regelbarer Einströmung. Beim Ansaugen des Motors strömt ein Luft- und Dampfgemisch unter den Rost, dessen Mischungsverhältnis möglichst gleich bleiben soll. Dies wird dadurch erreicht, daß man den Wasserzufluß abhängig macht von dem unter dem Rost entstehenden Minderdruck.

Nach *Placidi* (D. R. P. Nr. 165 825) wird das Dampfventil von einer Membran, Glocke od. dgl. gesteuert, welche unter der Einwirkung des im Skrubber herrschenden Druckes steht in der Weise, daß bei steigendem Drucke im Skrubber die Dampfzufuhr vergrößert, bei durch vermehrte Dampfkondensierung im Skrubber verursachtem Fallen des Druckes aber gedrosselt wird.

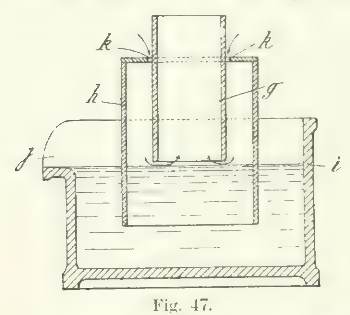


Fig. 47.

Nach *C. G. Viatour* (D. R. P. Nr. 224 502) fügt man vermittels der von der Kraftmaschine ausgeübten Saugung eine mit dieser in umgekehrtem Verhältnis sich ändernde Menge dampffreier Luft dem unter dem Rost eingeführten Gemisch hinzu. Bei der in Fig. 47 veranschaulichten Vorrichtung ragt ein nach dem Aschekasten führendes Rohr *g* senkrecht in eine Glocke *h*, die ihrerseits in ein Flüssigkeit enthaltendes, oben offenes Gefäß *i* taucht, dem beständig Flüssigkeit zugeführt wird, und welches mit einem Überlauf *j* in solcher Höhenlage versehen ist, daß für gewöhnlich der Wasserspiegel in einem bestimmten Abstande vom Unterrande des Rohres steht. Die Luft wird durch die zwischen dem Rohr *g* und dem Rande der es durchlassenden Öffnung der Glocke *h* belassene ringförmige Öffnung *k* in die Glocke *h* und aus dieser durch den zwischen dem Flüssigkeitsspiegel und dem Unterrand des Rohres *g* gelassenen Raum in letzteres gesaugt. Jede Saugung erzeugt in der Glocke *h* eine entsprechende Luftverdünnung, deren Grad durch die Weite der Lufteinlaßöffnung *k* bestimmt wird; infolge dieser Luftverdünnung steigt die Flüssigkeit in der Glocke *h*, und sobald sie den Rand des Rohres *g* erreicht hat, ist dieses gesperrt.

Der Sauggasgenerator von *J. Pintsch* (D. R. P. Nr. 123 826) ist dazu bestimmt, unter bewohnten Räumen aufgestellt zu werden. Der Generator muß zu diesem Zwecke in allen seinen Teilen gegen das Gebäude abgesperrt

sein, so daß aus dem Generator keine Gase in das Gebäude austreten können. Der Generator ist daher mit der Außenluft durch besondere Rohrleitungen verbunden, durch welche dem Generator die notwendige Luft zugeführt und durch welche andererseits während des Stillstandes nach dem Betriebe bzw. nach dem Warmsaugen des Generators etwa entstehende Gase nach außen abgeleitet werden können. In die den Generator mit der Gasmaschine verbindende Rohrleitung ist ferner eine mit der Außenluft in Verbindung stehende Sicherheitsvorrichtung eingeschaltet, durch welche bei etwaigen Drucksteigerungen während des Stillstandes durch Gasbildung in der glühenden Kohlenstoffsäule des Generators die Gase aus der Rohrleitung nach außen abgeführt werden können. — Der Generator *a* (Fig. 48) ist am oberen Ende mit dem Fülltrichter *b* versehen, in welchem zwei einen Meßraum *x* zwischen sich einschließende Schieber oder sonstige Abschlußvorrichtungen *c* und *z* in der Weise angebracht sein können, daß die Beschickung des Generators erfolgen kann, ohne daß aus demselben irgendwelche Gase austreten können bzw. Luft eingesaugt werden kann. Von dem unteren Teil des Generators führt das mit dem Schieber *e* versehene Rohr *d* nach außen, durch welches dem Generator die zur Verbrennung erforderliche Luft zugeführt wird. Der obere Teil ist mit der Außenluft durch das mit dem Schieber *g* versehene Rohr *f* verbunden, um beim Warmblasen oder Saugen des Generators, sowie während des Stillstandes die entstehenden Gase nach außen ableiten zu können. Das mit dem Schieber *i* versehene Rohr *h* führt zu der Sicherheitsvorrichtung, die bei dem dargestellten Beispiel aus dem mit dem Abzugsrohr *n* versehenen geschlossenen Behälter *k* besteht, in welchem die unten offene, in das Wasser eintauchende Glocke *l* angeordnet ist. Unter diese mündet das Rohr *h*, welches mit dem zur Gasmaschine führenden Rohr *m* in Verbindung steht. Infolge dieser Anordnung können bei zufällig in der Leitung auftretendem Überdruck die Gase durch das Rohr *n* in die Außenluft entweichen.

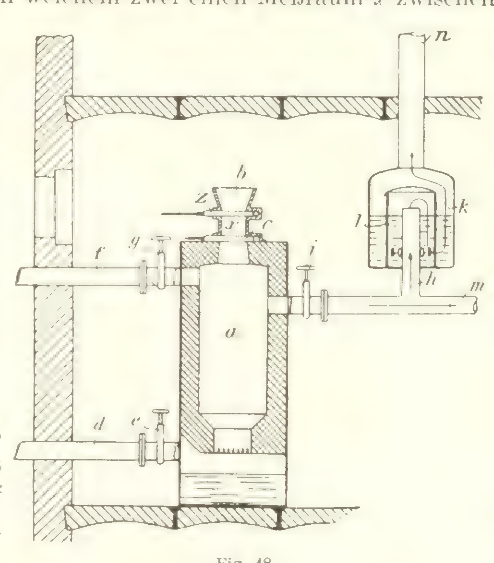


Fig. 48.

Nach dem ferneren Vorschlage von *Pintsch* (D. R. P. Nr. 139 898) ist das Rohr *a* (Fig. 49) des Kübels *b* mit der Gasleitung vom Gaserzeuger oder mit dem Gaserzeuger selbst fest verbunden. Dem Kübel *b* wird dauernd Wasser zugeführt, welches vermöge des Überlaufsrohres *c* nur bis zu der eingezeichneten Höhe steigen kann. In diesem Kübel *b* ist ein ringförmiger, oben durch die Platte *h* überdeckter Hohlkörper *d* angebracht, welcher durch

den ebenfalls ringförmigen Schwimmer *e* derartig getragen wird, daß das Ganze einen Auftrieb bekommt und erst vermöge eines Unterdrucks im Hohlraum *f* des Körpers *d* dadurch belastet wird, daß durch diesen Unterdruck Wasser in den Körper *d* vermittels der Rohre *g* eingesaugt wird. Hierdurch sinkt der Schwimmer *e* mit dem Hohlkörper *d*, bis der Hohlkörper *d* in das Wasser eintaucht (punktierte Stellung) und somit das mit dem oberen Ende in den mittleren Raum des Hohlkörpers *d* hineinragende Rohr *a* durch den Wasserabschluß gegen die Außenluft abdichtet. Die Rohrleitung *i* führt einerseits bis zur Gasleitung, möglichst bis zum Gasmotor, weil dort am meisten Unterdruck entsteht, andererseits bis ins Innere des Hohlkörpers *d*. Sobald der Gasmotor in Betrieb genommen wird, tritt das Wasser durch die Rohre *g* in den Hohlkörper *d* ein, da dann in dem Hohlkörper derselbe Unterdruck wie am Gasmotor herrscht. Hierdurch sinkt der Hohlkörper *d* mit dem Schwimmer *e*, so daß ersterer ins Wasser taucht und das Rohr *a* vom Innenraum des Kübels *b* abgeschlossen wird. — Bleibt der Gasmotor plötzlich stehen, so nimmt der Unterdruck im Körper *d* sofort ab, und es geht dann der letztere mit dem Schwimmer *e* durch den Auftrieb des letzteren sofort nach oben. Sobald der Hohlkörper *d* nicht mehr ins Wasser taucht, kann das im Rohr *a* befindliche Gas in das Innere des Kübels *b* und von hier durch Rohr *k* ins Freie gelangen.

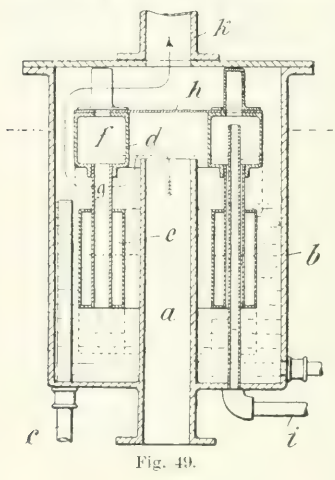


Fig. 49.

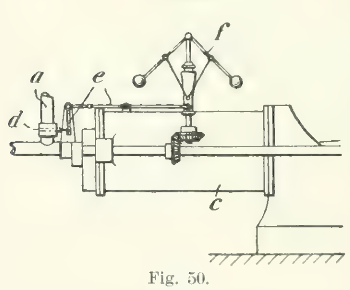


Fig. 50.

Nach dem Zusatz (D. R. P. Nr. 154 359) ist das Ventil *d* (Fig. 50) in einem Zweigrohr *a* der Rohrleitung nach der Gasmaschine *c* angeordnet und steht durch geeignete Verbindungsglieder, wie Stangen und Hebel *e*, mit einem Regler *f* in Verbindung, der von dem Gasmotor angetrieben wird. Die Einstellung des Reglers *f* muß mit Bezug auf die Stellung der Klappe oder des Ventils *d* so geregelt werden, daß bei normaler Saugwirkung des Motors die Sicherheitsvorrichtung geschlossen ist. Sobald aber der Motor eine geringere Geschwindigkeit als die normale annimmt oder vollständig zum Stillstand kommt, wird durch die Regulatorwirkung mit Hilfe einer Hebelübersetzung *e* das Ventil oder die Klappe geöffnet, so daß das sich nachträglich entwickelnde Gas ins Freie entweichen kann, ohne daß in der Rohrleitung *b* irgendwelcher Überdruck entsteht.

Vorrichtung zur Verhinderung des Austritts von brennbarem Gase unter dem Roste an Sauggasgeneratoren der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 145 917) ist gekennzeichnet durch die Anordnung eines Saugventiles *c*

(Fig. 51) in der Luftzuleitung *b*, welches bei Minderdruck, und eines Überdruckventiles *e* in der Gasableitung *d*, welches bei Überdruck sich selbsttätig öffnet.

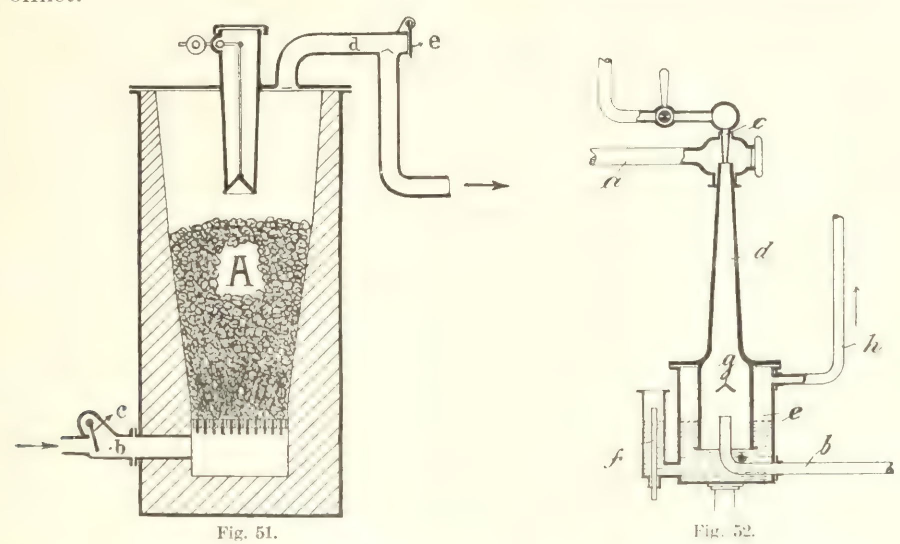


Fig. 51. Fig. 52.

Nach *F. Bauke* und *C. Fuchs* (D. R. P. Nr. 154 472) wird das Gas durch die Leitung *a* (Fig. 52) von einem Injektor *c* angesaugt und in ein konisches Rohr *d* gedrückt, dessen unteres Ende in das Gehäuse *e* eines regelbaren Wasserverschlusses taucht. Mittels des Überlaufrohres *f* kann dieser Wasserverschluß auf jeden beliebigen Druck eingestellt werden. Das Wasser des Injektors dient gleichzeitig zum Nachfüllen des Wasserverschlusses. Die dachförmige Platte *g* verhindert das Eintreten des Injektorwassers in das Rohr *b*, welches in den Gassammelraum mündet. Das Rohr *h* führt das im Überfluß erzeugte Gas, welches den Wasserverschluß bei Überschreitung eines bestimmten Druckes durchbrochen hat, nach dem Kamin fort.

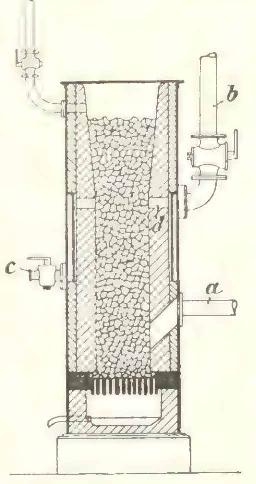


Fig. 53.

Scheben & Krudewig (D. R. P. Nr. 148 584) beschreiben ebenfalls eine Vorrichtung, um das überschüssige Gas in den Kamin abzuleiten. — Die Vorrichtung zur Sicherung des Austrittes der beim Stillstande des Motors in Sauggaserzeugern sich nachentwickelnden Gase durch eine ins Freie führende Leitung von *H. Spindler* (D. R. P. Nr. 179 899) ist dadurch gekennzeichnet, daß in dieser Leitung eine Klappe od. dgl. angebracht ist, die während des Betriebes durch den in dem Gaserzeuger herrschenden Druck aus ihrer Ruhelage gebracht wird und dadurch die Leitung gegen die Außenluft ab-

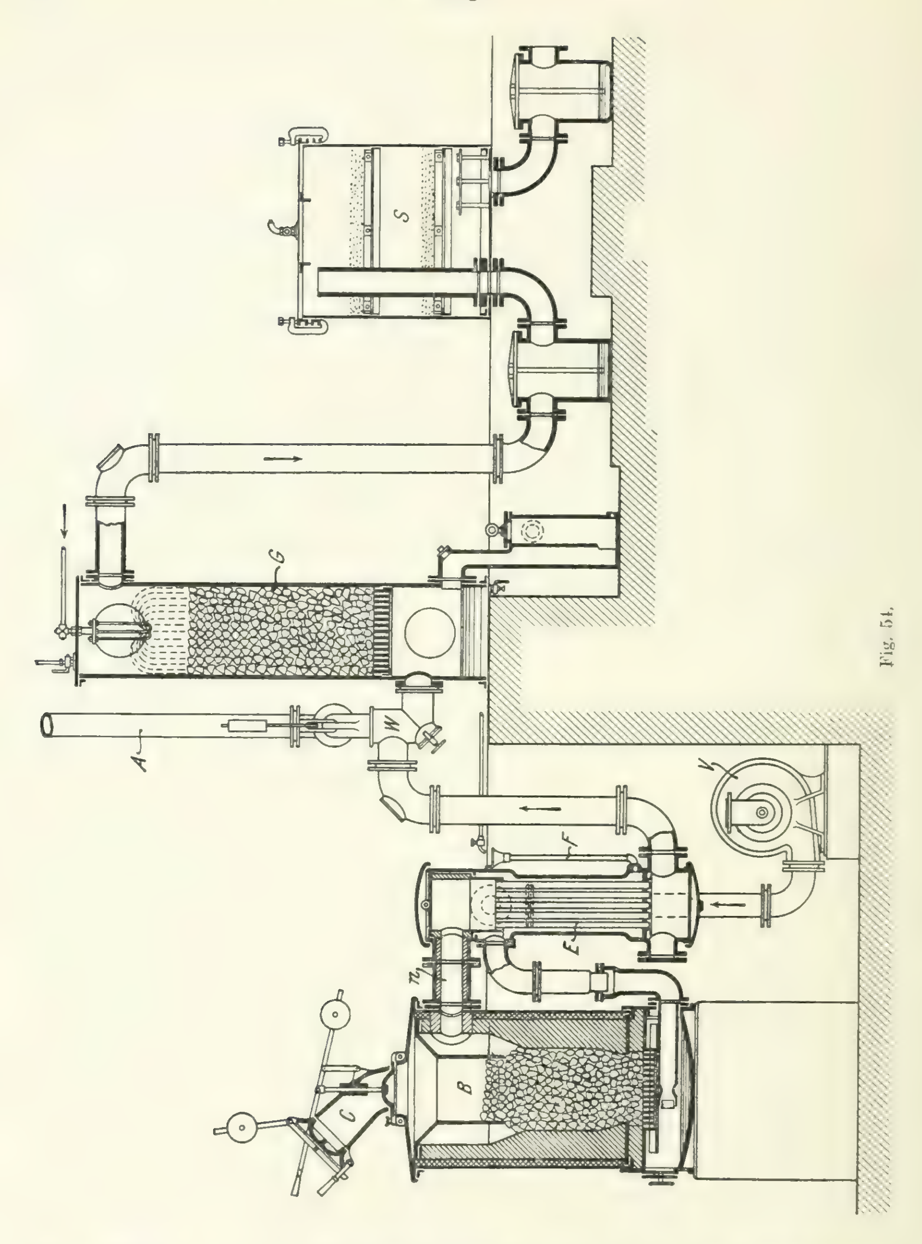


Fig. 54.

sperrt, während sie beim Nachlassen des Druckes in die Ruhelage zurückkehrt und sofort den Durchgang für die sich nachentwickelnden Gase ins Freie freigibt.

Der Gaserzeuger, bei dem die während des Stillstandes noch entweichenden Gase verbrannt werden, von *F. Matt* (D. R. P. Nr. 203 479), ist dadurch

gekennzeichnet, daß bei oder nahe vor der Anschlußstelle des zur Ableitung dieser Gase bestimmten Rohres *b* (Fig. 53) eine Luftzuführungsvorrichtung so angebracht ist, daß sie den Gasen unmittelbar bei ihrem Austritt aus dem Brennstoff Luft zuführt.

Sauggasanlage für bitumenfreie Brennstoffe von *Gebr. Körting A.-G.* Der Generator ist mit Fülltrichter *C* und Füllschacht *B* (Fig. 54) versehen. Die im Verdampfer *E* mit Wasserdampf gesättigte Luft tritt unter den Rost, das gebildete Gas gelangt durch Rohr *n* in den Verdampfer, um hier durch seine Eigenwärme das durch Trichter *F* zufließende Wasser zu verdampfen. Gaswascher *G* und Reiniger *S* vervollständigen die Anlage.

Nach gef. Mitteilung derselben Firma (September 1910) zeigt Fig. 54a eine andere Form des mit dem Generator verbundenen Verdampfers.

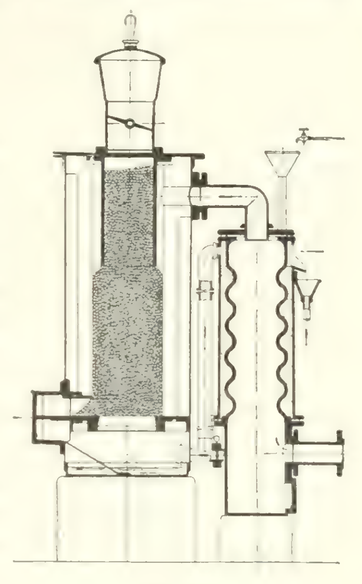


Fig. 54a.

Bei der *Deutzer Sauggasanlage* für Anthrazit und Koks besteht der auf dem Generator aufgesetzte Verdampfer *c* (Fig. 55) aus einem Gußstück, das

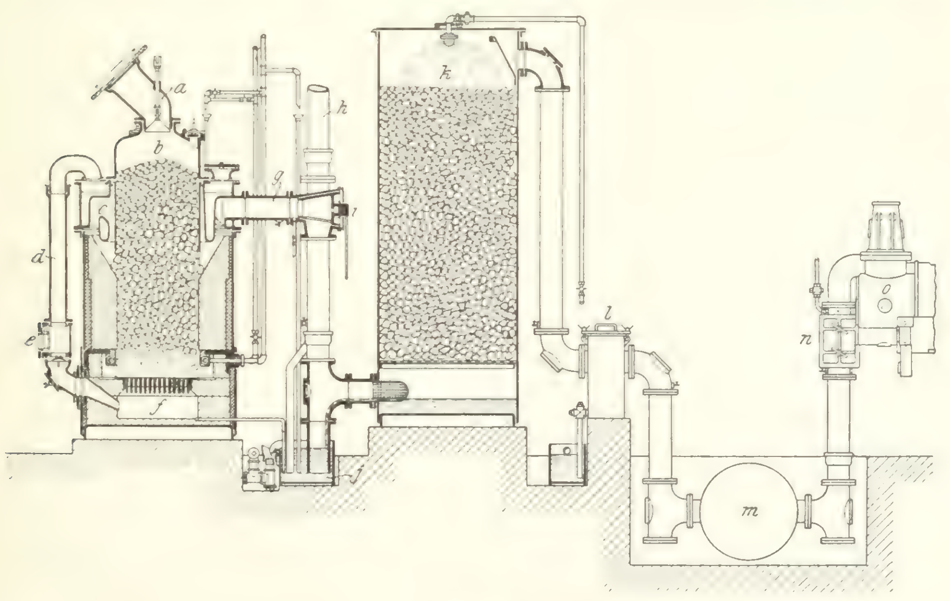


Fig. 55.

bis zum Überlauf mit Wasser gefüllt ist; das Wasser wird durch die heißen Gase, die eine in den Deckel eingegossene Falte durchstreichen, bis auf rd. 80° erwärmt. Die angesaugte Luft nimmt hier eine der Temperatur des Wassers entsprechende Dampfmenge auf. Das Dampfluftgemisch geht durch den Rost *f* und die Kohlenschicht, das Gas verläßt, nachdem es einen Teil seiner Wärme an den Verdampfer abgegeben hat, den Generator durch das Gasrohr *g*. Bei den neueren Anlagen ist besondere Sorgfalt auf die Ausbildung der Skrubber *k* verwendet. Vom Skrubber geht das Gas zu dem Gaskessel, der die Stelle des bei Leuchtgasmotoren üblichen Gummibeutels vertritt, und von hier zum Motor. — Vor dem Anlassen des Motors *o* muß der Generator, der vom Tage vorher noch in Glut steht, durch einen Handbläser angefacht werden, bis das den Generator durch den Schornstein *h* verlassende Gas sicher brennt; es sind hierzu etwa 10 Minuten erforderlich. Während des Betriebes saugt der Motor beim Vorwärtsgang des Kolbens das Gas aus dem Gastopf, so daß in diesem ein Unterdruck von etwa 200 mm entsteht; infolgedessen strömt während der andern Hübe des Viertaktes das Gas aus dem Skrubber nach, in dem Skrubber wird ein Unterdruck entsprechend den Widerständen der Leitung von etwa 100 mm Wassersäule erzeugt, und dieser Unterdruck genügt, um durch den Verdampfer und die Kohlenschicht hindurch neues Gas in den Skrubber zu saugen.

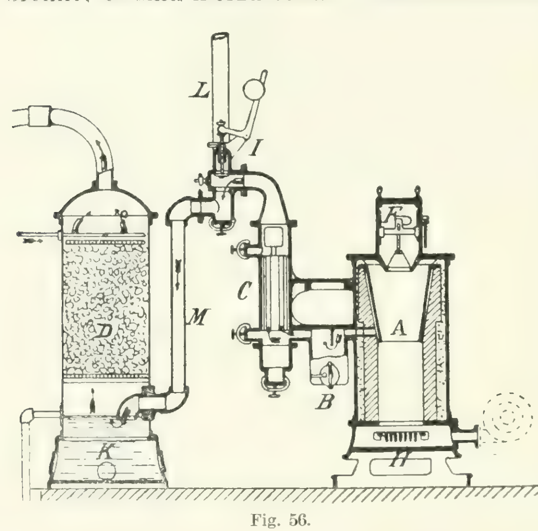


Fig. 56.

Bei der Sauggasanlage von *Benz & Co.* ist der Schachtofen *A* (Fig. 56) mit feuerfesten Steinen ausgemauert und hat im Unterteil *H* einen Rost mit Schlackentüren; der Deckel ist mit Doppelverschluß *F*. Um sich von dem Zustand des Feuers stets überzeugen zu können, befindet sich am Deckel noch außerdem ein kleines verschließbares Glimmerfenster. Die in *A* entwickelten Gase ziehen infolge der Saugwirkung des Motors durch einen Flugaschenabscheider in den als Rauchrohrkessel ausgebildeten Dampferzeuger *C* und geben hier einen Teil der fühlbaren Wärme an den Dampf ab. Der Dampferzeuger *C*, ebenso wie der Rußabscheider *B* haben mehrere leicht zu bedienende Verschlüsse zur Beseitigung des angesammelten Staubes. Die Gase durchziehen das Wechselventil *I*, ziehen durch *M* in den Skrubber *D*. Das Rohr *M* endigt so in dem Skrubberuntersatz *K*, daß ein Wasserverschluß erzielt wird. Der Motor entnimmt sein Gas nicht direkt dem Skrubber, sondern einem dazwischen geschalteten Gastopf. — Auf dem Roste des Schacht-

ofens A wird ein Holzfeuer angezündet und, wenn dieses gut in Brand, durch den Doppelverschluß F Anthrazit aufgefüllt. Gleichzeitig wird mit dem am Generator angebrachten kleinen Handventilator Luft durchgeblasen. Hierbei ist vorerst das Wechselventil so gestellt, daß die gebildeten Gase durch L in das Freie abziehen können. Sobald die oberste Schicht der Kohlen zu glühen beginnt, das Feuer also durchzubrennen im Begriffe ist, werden weitere Kohlen aufgegeben. Nach etwa 12 bis 15 Minuten ist das Gas „reif" und kann an dem bei I seitlich angebrachten Hähnchen durch Anzünden probiert werden. Brennt es mit blauer Flamme, so wird I umgestellt und das Gas durch den Skrubber D und den Gastopf E so lange durchgeblasen, bis alle Luft aus der Leitung vertrieben ist. Bei normalem Betrieb kann dieses Durchblasen unterbleiben, weil durch den Wasserverschluß in K in dem Skrubber und dem Gastopf stets gutes Gas zurückbleibt; der Motor kann sofort, nachdem das Gas „reif" befunden wurde, in Gang gesetzt werden. Kleinere Motoren werden von Hand angelassen, größere mit Druckluft. Ein 40pferdiger Motor z. B. erforderte von Beginn des Anheizens an Zeit: 12 Minuten, bis das Gas reif war, 3 Minuten zum Durchblasen, somit 15 Minuten im ganzen bis zur Inbetriebsetzung. Nach weiteren 5 Minuten konnte der Motor bereits mit seiner normalen Belastung laufen. Der Dampferzeuger C erhält sein Speisewasser ununterbrochen tropfenweise durch ein Rohr, entsprechend dem Verbrauch.

Versuche bei einer Anlage von *Benz & Co.* mit Anthrazit von Herstal (Belgien) bespricht *Staus*[1]. Der verwendete Anthrazit hatte folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	86,17%
Wasserstoff	3,42%
Sauerstoff und Stickstoff	3,38%
Schwefel	0,92%
Asche	4,99%
Wasser	1,12%
Brennwert	7795 w.

Gasanalysen ergaben:

Zeit der Probeentnahme	12 Stdn. 27 Min.	1 Stde. 20 Min.	2 Stdn. 32 Min.	3 Stdn. 20 Min.	3 Stdn. 45 Min.	Mittel
Kohlensäure	3,2	3,7	2,4	2,2	2,7	2,43
Sauerstoff	0,4	0,6	1,0	0,7	0,4	0,70
Kohlenoxyd	24,6	24,2	24,9	24,9	24,7	24,83
Wasserstoff	9,8	10,7	11,0	10,7	11,3	11,00
Methan	1,6	2,1	2,3	2,1	2,5	2,30
Stickstoff als Rest	60,4	58,7	58,4	59,4	58,4	58,74

Die Wärmebilanz der Motoranlage ergab:

	w	%
Stündlich verfügbare Energie	170 788	100,00
Chemische Energie im Gas	146 536	85,80
Wärmeabfuhr im Skrubber	8 661	5,07

[1] Journ. f. Gasbel. 1902, 517.

	w	%
Volumarbeit (0,86%) und Erwärmung des Gases (0,27%) . . .	1 930	1,13
Wärme zur Sättigung des Gases mit Wasser	1 655	0,97
Strahlungs- und Leitungsverluste des Generators (als Restglied bestimmt)	12 006	7,03
Äquivalent der indizierten Arbeit	40 063	23,46
„ „ effektiven „	31 945	18,74
„ „ Reibungsarbeit	8 118	4,72
Wärme im Motorkühlwasser	46 419	27,18
Wärme und kinetische Energie der Abgase, Strahlung und Leitungsverluste des Motors (als Restglied bestimmt) . . .	60 054	35,16

In der Gasmotorenfabrik Deutz (vgl. S. 117) verwandte man nach *Staus* Anthrazit von Langenbrahm folgender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	84,60%
Wasserstoff	3,49%
Sauerstoff und Stickstoff	3,97%
Schwefel	0,92%
Asche	5,82%
Wasser	1,20%
Brennwert	7756 w.

Gasanalysen ergaben:

Kohlensäure	5,8	5,5
Sauerstoff	0,7	0,5
Kohlenoxyd	22,0	23,3
Wasserstoff	17,0	17,4
Methan	1,8	2,0
Stickstoff	52,7	51,3

entsprechend:

	w	%	w	%
Stündlich verfügbare Energie	228 492	100,00	198 941	100,00
Chemische Energie im Gas	197 325	86,36	172 721	86,82
Wärmeabfuhr im Skrubber	20 207	8,84	17 766	8,93
Volumarbeit (0,69% bzw. 0,69%) und Erwärmung des Gases (— 0,07 bzw. — 0,05%)	1 417	0,62	1 273	0,64
Wärme zur Sättigung des Gases mit Wasser	1 394	0,61	1 313	0,66
Strahlung und Leitungsverluste des Generators (als Restglied bestimmt) . . .	8 149	3,57	5 868	0,95
für den Motor:				
Äquivalent der indizierten Arbeit	46 367	20,29	45 886	23,07
„ „ effektiven „	41 112	17,99	40 998	20,61
„ „ Reibungsarbeit	5 255	2,30	4 888	2,46
Wärme im Motorkühlwasser	68 064	29,79	61 944	31,14
Wärme und kinetische Energie der Abgase, Strahlungs- und Leitungsverluste des Motors	82 894	36,28	64 891	32,61

Sauggasanlage für Anthrazit und Koks von *Julius Pintsch A.-G.* (gef. mitgeteilt). Fig. 57 zeigt die Gaserzeuger bis 45 PS Leistung, während Fig. 58 für größere Leistungen in Frage kommt. Bei der kleineren Anlage ist zugunsten möglichster Einfachheit und Billigkeit von der Aufstellung eines besonderen Verdampfers Abstand genommen, die Erzeugung des Wasser-

dampfes wird vielmehr in einer gußeisernen, in dem oberen Teil des Generators eingebauten Schale *s* vorgenommen. Bei großen Generatoren würde diese Konstruktion zu wenig Dampf liefern und auch noch den weiteren Nachteil haben, daß die Dampfentwicklung nicht schnell genug den Belastungsschwankungen nachfolgt. Aus diesem Grunde wird von der genannten Größe an ein besonderer Röhrenverdampfer *R* (Fig. 58) aufgestellt, für dessen Konstruktion neben der erforderlichen Heizfläche folgende Gesichtspunkte maßgebend sind: 1. die Röhren müssen sich leicht von Flugstaub reinigen lassen: Abnahme des nur mit einer Schraube gehaltenen Deckels; 2. die Röhren müssen

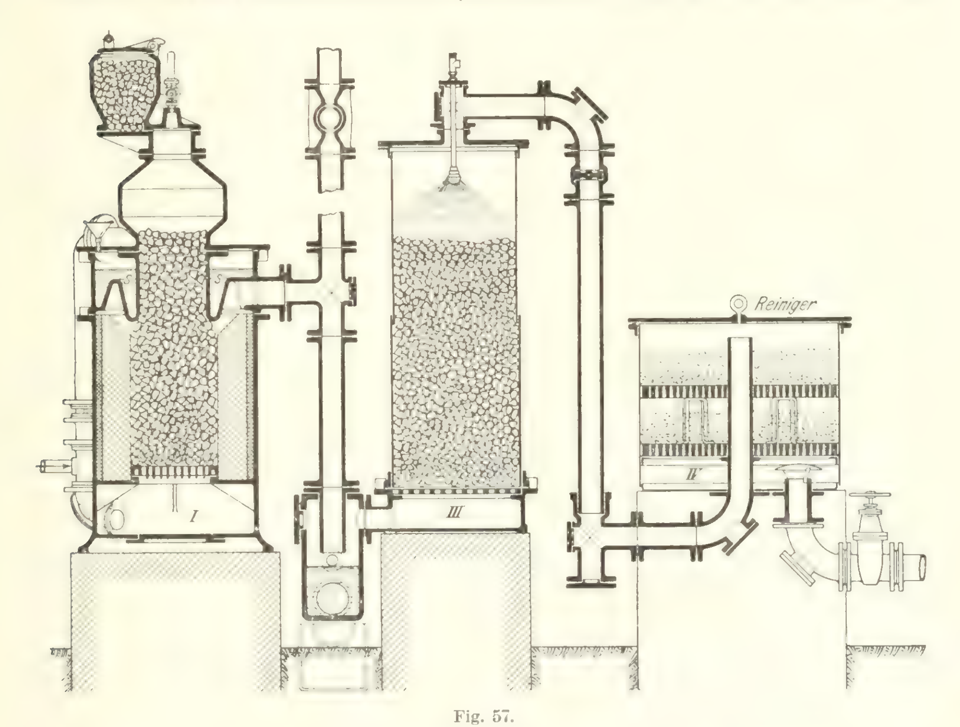


Fig. 57.

sich leicht von Kesselstein reinigen lassen: Abnahme des Verdampferkopfes, worauf das Röhrenbündel nach oben aus dem Verdampfermantel ohne weiteres herausgenommen werden kann. — Besonderer Wert ist auf gute Reinigung des Gases gelegt. Es genügt die Aufstellung des gewöhnlichen wasserberieselten Koksskrubbers *III* noch nicht, um einen mehrwöchentlichen einwandfreien Betrieb zu gewährleisten, namentlich nicht, wenn Koks oder grushaltiger Anthrazit vergast werden soll. Es ist vielmehr nötig, noch einen besonderen, mit Sägespänen als Filtermasse zu beschickenden Reiniger *IV* aufzustellen, um auch die feineren im Gase enthaltenen Staubteile zurückzuhalten und auf diese Weise zu erzielen, daß die Gasmaschinen nicht öfter gereinigt zu werden brauchen als beim Betriebe mit Leuchtgas. Höchstens ist es bei gewaschenem und gesiebtem bitumenfreien Anthrazit zulässig,

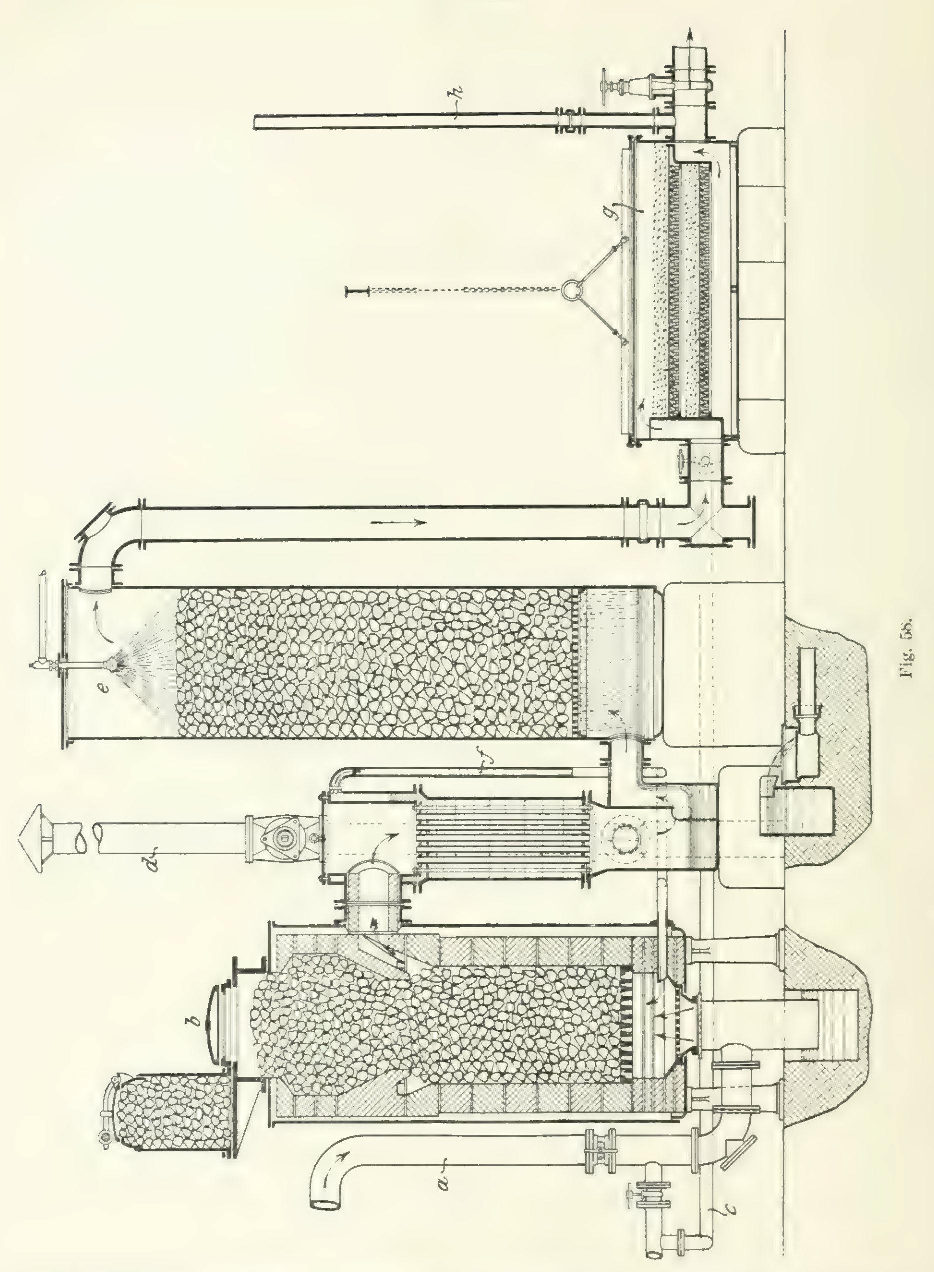


Fig. 58.

bloß mit einem — dann aber gehörig groß zu haltenden — Skrubber zu arbeiten. Hierbei spielt die Größe der Anlage insofern eine Rolle, als die Maschinenventile, welche ja am meisten unter unreinem Gas zu leiden haben, bei kleineren Einheiten (etwa unter 30 PS) verhältnismäßig schnell und leicht zu reinigen sind, während diese Arbeit bei größeren Maschinen nicht so ganz einfach erscheint.

Versuche bei einer Anlage in Fürstenwalde ergaben:

Belastung cbm Gas in der Stunde	Unterer Heizwert des Gases von 1 cbm	Ausbeute von Anthrazit	Wirkungsgrad des Generators
24,9	954 w	5,53	0,683
20,9	1087	5,11	0,721
43,6	1188	5,46	0,840
81,6	1203	5,64	0,880

Wert des Anthrazites:

Heizwert	7715 w
Feuchtigkeit	2,2%
Koke	91,8%
Asche	4,0%
Destillationsprodukte	2,0%

Der thermische Nutzeffekt des Generators bei normaler Belastung betrug also bei etwa 25 × 2700 : 1200 = 56 cbm stündl. Gaserzeugung 85%.

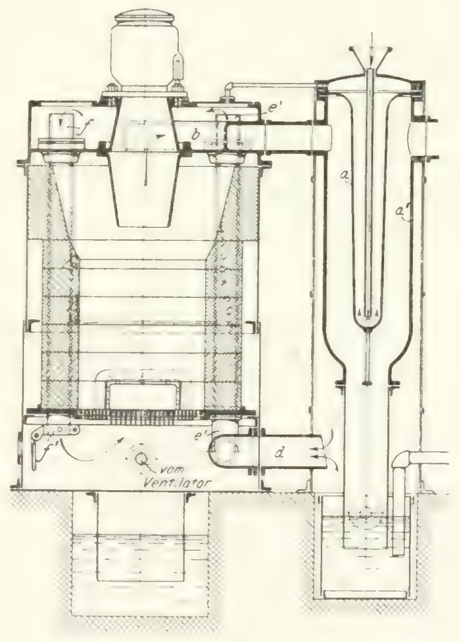


Fig. 59.

Bei der Gaserzeugungsanlage für Anthrazit der *Güldner-Motoren-Gesellschaft* auf der Nürnberger Ausstellung war, um die zugeführte Wassermenge der Belastung anzupassen und eine weitgehende Wiederverwertung der Generatorabwärme zu erreichen, ein Vorverdampfer *a* (Fig. 59) und ein Hauptverdampfer *b* vorgesehen[1]. Ersterer ist in Form einer mit Wasser gefüllten Zwischenwand in den Staubabscheider *a'* gelegt, während der ganz in Schmiedeisen ausgeführte Hauptverdampfer den Deckel des Generators bildet. Das Wasser tritt gewöhnlich nahezu mit Siedetemperatur aus dem Vorverdampfer in den Hauptverdampfer über und wird dort ganz in Dampf umgewandelt. Der Ringraum zwischen dem Staubabscheider und dem äußeren Blechmantel dient zur Luftvorwärmung. Die abgeschiedenen mechanischen Verunreinigungen fallen in den unten abschließenden Schlammtopf, in den auch die Ablaufrohre des Reinigers und des Teerabscheiders münden, so daß die aus den Abwässern ausgeschiedenen Teer- und Schwefeldünste zusammen mit der vorgewärmten Generatorluft angesaugt und verbrannt werden; es wird dadurch ein vollständig geruchloser Betrieb ermöglicht. — Die während des

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, 1794.

Saughubes am oberen Ende in den Ringraum zwischen Blechmantel und Staubabscheider eintretende Luft strömt abwärts, nimmt dabei unten kurz vor dem Eintritt in das Absaugrohr *d* die Teer- und Schwefeldämpfe aus dem Schlammtopf auf, steigt dann in den beiden innerhalb des Generatormantels eingebetteten Röhren *e* und *e'* aufwärts in den Hauptverdampfer *b* und wird dort mit Wasserdampf gesättigt, worauf das Gemenge durch die ebenfalls im Generatormantel liegenden Rohre *f* und *f'* unter den Rost gelangt.

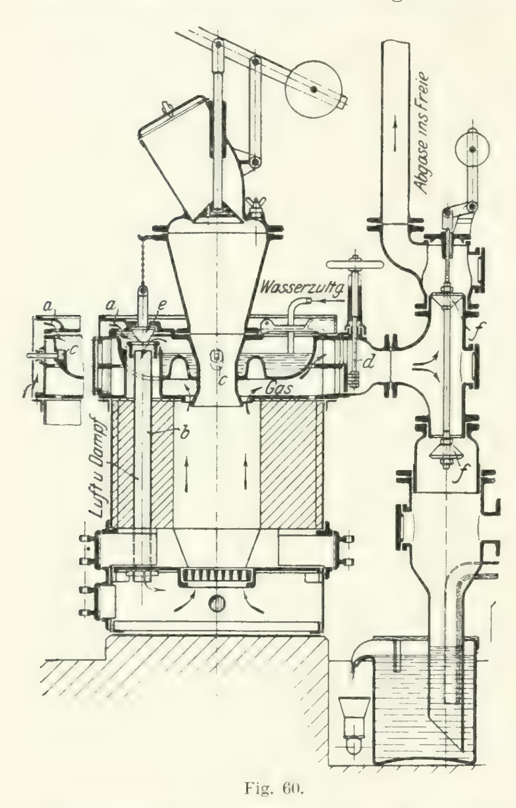


Fig. 60.

Bei dem Gaserzeuger von *G. Luther* tritt die Luft durch Öffnungen *a* (Fig. 60) in den mit Überlauf *c* versehenen Verdampfer und von hier durch Rohre *b* unter den Rost. Der Gasabzug kann durch Schieber *d* geregelt werden. Während des Stillstandes sind die Rohre *b* durch die Ventile *e* abgeschlossen, das Doppelsitzventil *f* ist hochgezogen, die Luft tritt durch die Aschenfalltür ein.

Nach gef. Mitteilung von *G. Luther A.-G.* (vom 1. Oktober 1910) zeigt Fig. 60a eine derartige Anlage für Anthrazit und Koks.

Der Gaserzeuger der *Motorenfabrik Ansbach* (*K. Bachmann*) für 25 bis 35 PSe besteht aus gußeisernem Mantel mit feuerfestem Futter *a* (Fig. 61) und ist mit Feuertüre oberhalb des Rostes und mit Aschentüre unterhalb desselben versehen. Oberhalb des Feuerschachtes ist der ringförmige Verdampfer *b* eingebaut, der vom Fülltrichter zentral durchdrungen wird. Der Oberteil des Generators ist zur Beschickung während des Betriebes mit zwei Verschlüssen *c* und *d* versehen. Das Wasser zur Dampfbildung tritt durch ein Nadelventil *e* in einen Vorwärmer *f*, der von dem abziehenden Gas beheizt wird. Aus diesem Vorwärmer tritt das Wasser durch einen mit Skala versehenen Regelhahn *g* nach dem sog. Einspritzgehäuse *h*, aus welchem es von der bei *i* zutretenden Luft in den Verdampfer gerissen wird. Bei *h* sind Schaugläser angebracht, um eine Kontrolle über die Menge des zuströmenden Wassers ausüben zu können. — Das Gemisch von Luft und Wasser durchströmt den Verdampferkanal *b* in seinem ganzen Umfang, wobei das Wasser verdampft wird. Das Dampfluftgemisch strömt sodann durch das Rohr *k*,

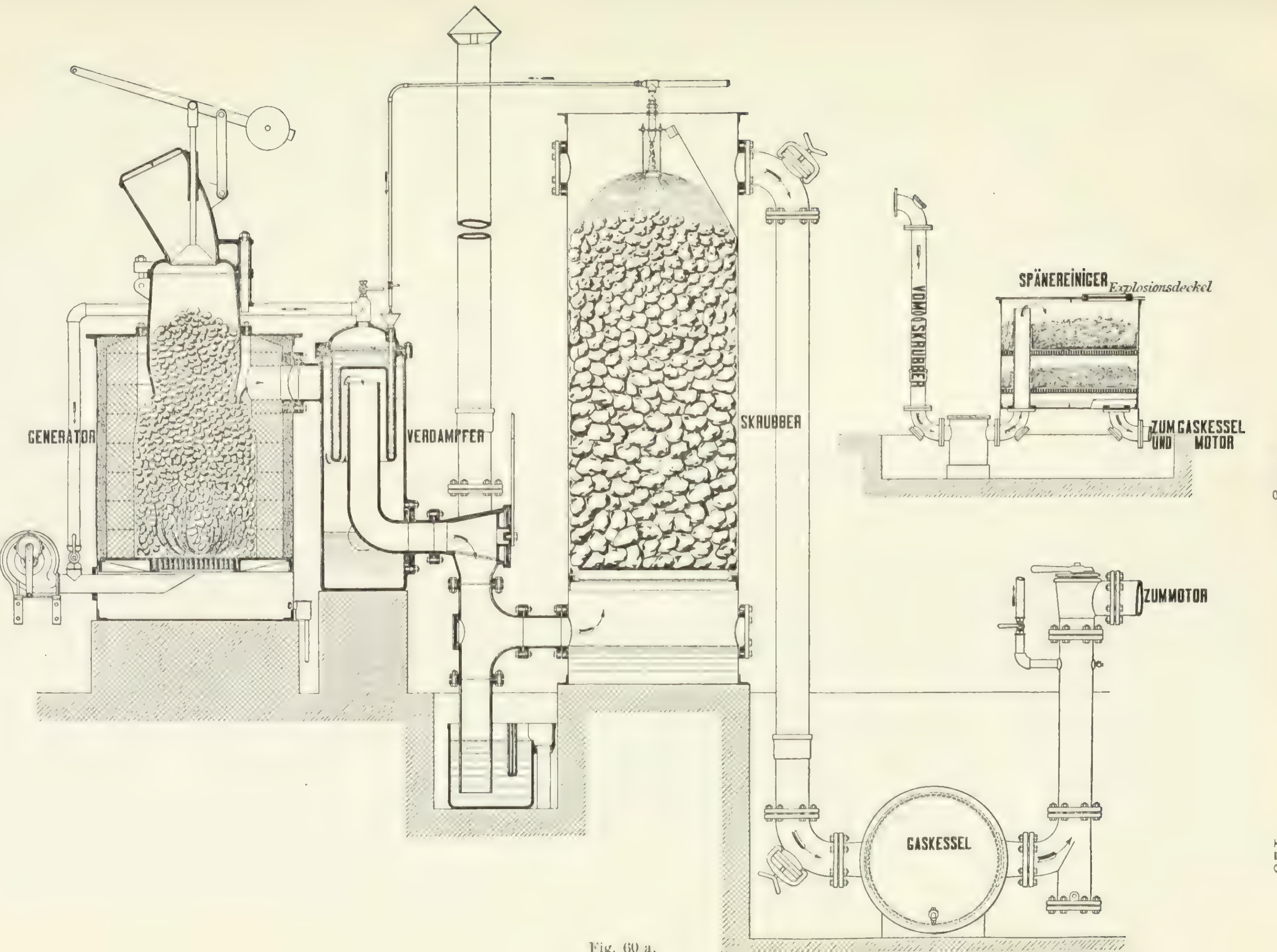

GENERATOR
VERDAMPFER
SKRUBBER
VOM SKRUBBER
SPÄNEREINIGER
Explosionsdeckel
ZUM GASKESSEL UND MOTOR
ZUM MOTOR
GASKESSEL

Fig. 60 a.

an dem auch der Ventilator zum Anblasen des Generators angebracht ist, unter den Rost. Der Behälter *l* ist ein Flugascheabscheider und kann unten entleert werden. Der sich etwa im Vorwärmer *f* bereits bildende Dampf wird durch Rohr *m* ebenfalls nach dem Einspritzgehäuse *h* geführt und gelangt mit Luft ebenfalls durch den Verdampferkanal und Rohr *k* unter den Rost. Der Dreiwegehahn *n* dient nur dazu, den Gasabzugkanal anstatt mit dem Skrubber, auch mit dem Kaminrohr verbinden zu können. Der Krümmer *o* taucht im Skrubber in ein Wasserbad und bildet dadurch einen Verschluß

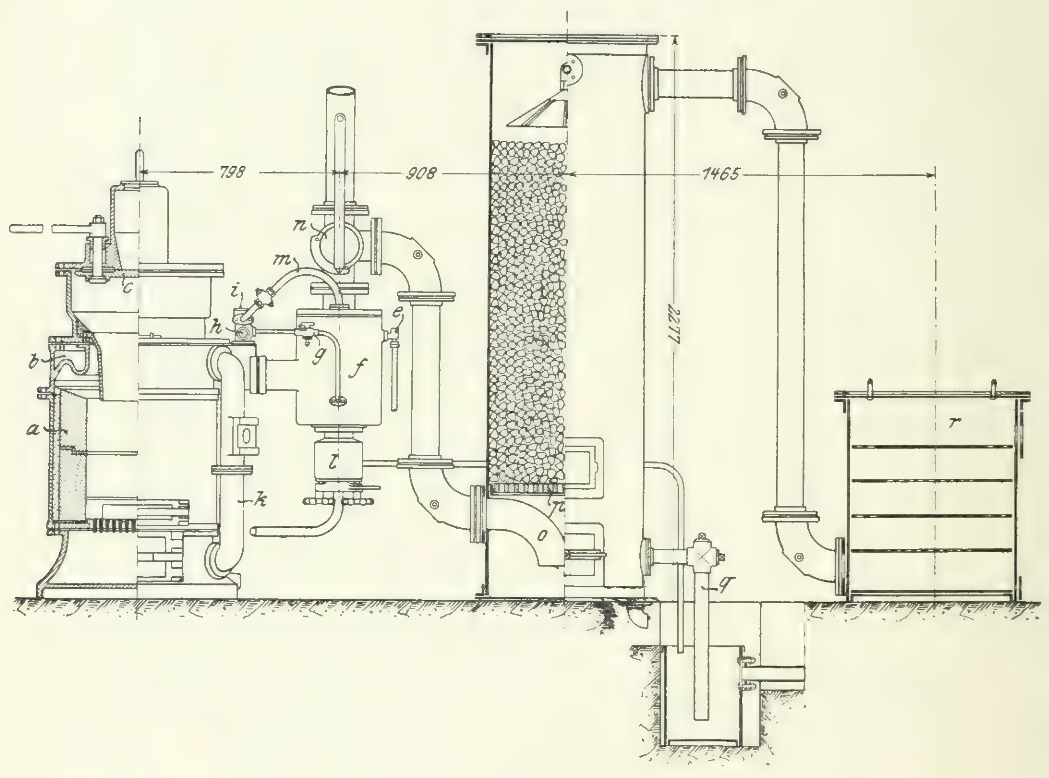


Fig. 61.

nach dem Generator hin. — Auf dem Rost *p* liegt eine Koksfüllung, welche vom Gas von unten nach oben durchstrichen und in bekannter Weise in umgekehrter Richtung von Wasser berieselt wird. Das Abwasser fließt durch Rohr *q* in einen Überlauftopf und gelangt von diesem in den Kanal. Aus dem Skrubber gelangt das Gas in den Gastopf *r*, welcher gleichzeitig auch als Trockenreiniger ausgebildet ist, indem man die Zwischenräume zwischen den Stoßblechen mit Holzwolle ausfüllt. Aus dem kombinierten Gastopf und Trockenreiniger strömt das Gas direkt dem Motor zu. — Bei größeren Anlagen und dort, wo größte Reinheit des Gases verlangt wird, wird zwischen Skrubber und Trockenreiniger noch ein Teerabscheider eingeschaltet, der

aus einem zylindrischen gußeisernen Gefäß mit eingelegten Stoßplatten besteht, die das Gas unter oftmaligem Richtungswechsel durchströmt, wobei der Teer ausgeschleudert wird.

Beim Generator für Anthrazit und Koks der *Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg* kann der zum Auffüllen des Brennstoffes dienende Fülltrichter *F* (Fig. 62) mit doppeltem Verschluß vollständig umgeklappt werden, wodurch das Generatorinnere zum gelegentlichen Ausbessern und Säubern des Mauerwerkes zugänglich wird. Außerdem besitzt der Generator *G* einen in der Höhe verstellbaren Füllhals, um je nach Stückgröße des zu vergasenden Brennmaterials die Glutschichthöhe entsprechend einstellen zu können. Das Röhrensystem des Verdampfers *V* befindet sich vollständig unter Wasser. Soll eine sichere Entfernung des Schwefelwasserstoffs vorgenommen werden, der im Generatorgas je nach dem Schwefelgehalt der Kohle enthalten ist und die Lebensdauer der inneren Maschinenteile ungünstig beeinflußt, so werden größere Reiniger, die mit Raseneisenerz gefüllt werden, angewandt.

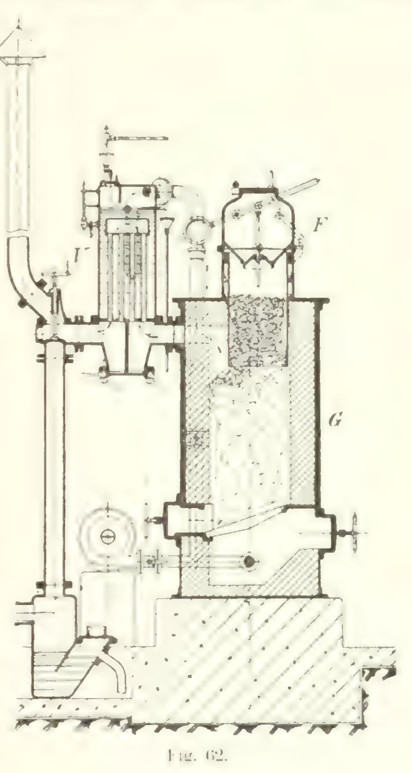


Fig. 62.

Die Sauggasanlage für Anthrazit der *Motorenfabrik Oberursel A.-G.* (gef. mitgeteilt) besteht aus einem aus Schamotte hergestellten Schacht, welcher zwischen sich und seiner Ummantelung durch Flugasche und andere nicht wärmeleitende Teile möglichst gegen Wärmeausstrahlung geschützt ist. Über diesem Schacht befindet sich eine teilweise mit Wasser gefüllte Verdampfungsschale *C* (Fig. 63), in welcher der benötigte Dampf durch die strahlende Wärme der glühenden Kohlen und die Hitze der abziehenden Gase erzeugt wird. Der innere Mantel dieser Schale in Verbindung mit einer Fortsetzung desselben dient zur Aufnahme des Brennstoffvorrates und wird durch einen besonderen Fülltrichter *B* unter doppeltem Verschluß gehalten. Die Verdampfungsschale steht auf der einen Seite durch den Stutzen *L* mit der äußeren Atmosphäre in Verbindung, während sie auf der anderen Seite durch eine Rohrleitung *D* und Hahn *1* mit dem Aschenkasten *E* des Generators verbunden ist. Ein am Verdampfer seitlich angebrachter Rohrstutzen *G* dient zur Ableitung der Gase in der Pfeilrichtung durch die Rohrleitung, Reiniger und Gassammeltopf nach dem Motor. Die Gasbildung erfolgt durch

den Motor selbst, indem sich das Ansaugen desselben in der Saugperiode durch die einzelnen Apparate und deren Verbindungsrohrleitungen bis in den Aschenraum *E* und durch Hahn *1* nach der Verdampfungsschale fortpflanzt.

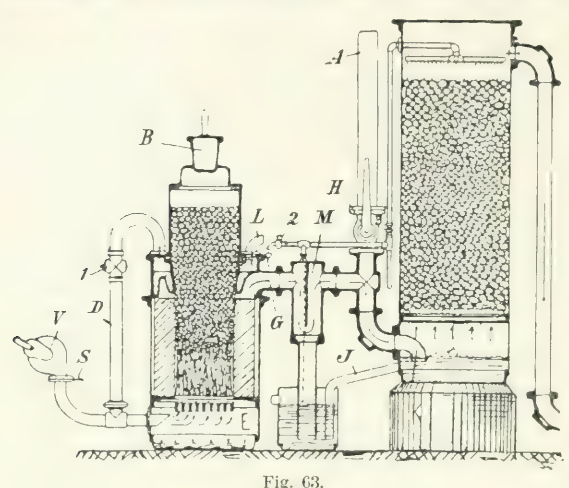


Fig. 63.

Durch den entstehenden Unterdruck tritt Luft in den Stutzen *L*, streicht über das in der Verdampfungsschale befindliche Wasser hinweg und schwängert sich mit dem gebildeten Dampf. Dieses Gemenge tritt durch die Rohrleitung nach dem Aschenkasten und dann durch den Rost und die glühende Brennstoffschicht. Der Wasserspiegel im Verdampfer *C* wird durch ein mit Trichter versehenes Rohr *F* und das Überlaufrohr *U* auf gleichmäßiger Höhe gehalten, indem man durch den Hahn *2* tropfenweise frisches Wasser aus der Wasserleitung zufließen läßt. Der Überschuß an Wasser fließt durch Rohr *U* in den Aschenraum *E*, wo es verdampft, und damit zur Kühlung des Rostes und Bereicherung des Luft- und Dampfgemisches Verwendung findet.

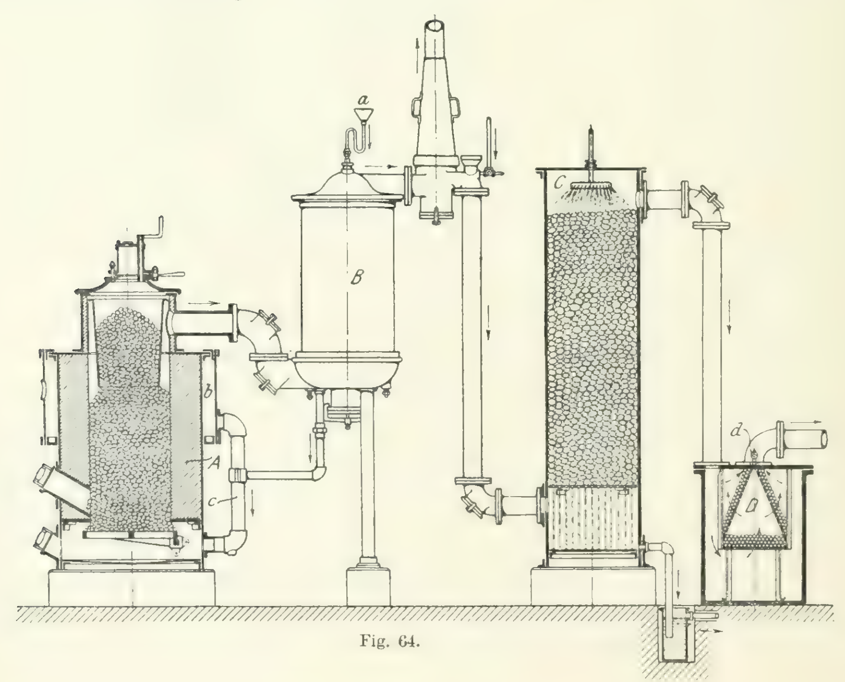


Fig. 64.

Bei der Sauggasanlage der Motorenfabrik *Moritz Hille* in Löbtau wird das im Generator *A* (Fig. 64) zu zersetzende Wasser von einer kleinen, von der Steuerwelle des Motors betätigten Pumpe in den Trichter *a* des Verdampfers *B* gefördert. In diesem wird es verdampft und der Dampf überhitzt. In der den Generator ringförmig umgebenden Kammer *b* wird die zur Verbrennung nötige Zusatzluft vorgewärmt; dann vereinigt sie sich mit dem Dampf und gelangt mit ihm durch das Rohr *c* unter den Rost und in den Generator. Das Gas wird im Skrubber *C* und in einem Filter, das in dem Gastopf *D* liegt, vom Staub gereinigt. Das Filter besteht aus einem durchlochten Blechkegel, der mit Asbestschnüren belegt ist. Diese werden durch den Hahn *d* vor Beginn des Betriebes mittels einer Spritze mit Petroleum eingefettet und fangen etwa noch mitgerissene Staubteilchen auf.

Bei dem Gaserzeuger der *Schweizer Maschinenfabrik Winterthur* tritt die Luft bei *a* (Fig. 65) in die hohle Deckplatte zur Vorwärmung, dann in den ringförmigen Verdampfer *b*, in welchen bei *c* Wasser eingeführt wird. Das gebildete Dampfluftgemisch tritt durch Rohr *d* unter den Rost, wenn Ventil *e* geöffnet ist. Das gebildete Gas umspült den Verdampfer *b* und entweicht durch Ventil *f* zum Koksriesler oder in die Luft. Um die bei *c* eingespritzte Wassermenge der Saugwirkung der Maschine anpassen zu können, ist der Speiseregler *g* angebracht[1].

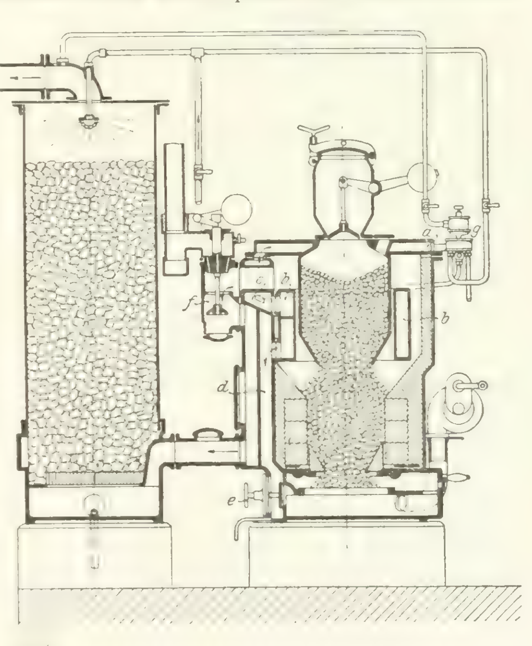


Fig. 65.

Grundsätze für die Einrichtung und den Betrieb von Sauggas-Kraftanlagen.

(Gemäß dem Erlaß des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe vom 20. Juni 1904. [IIIa 5122.] Ministerialblatt Seite 338 und 339.)

1. Die Vorrichtungen zur Darstellung und Reinigung des Sauggases und die Gasmaschinen (Motoren) sind in mindestens 3,5 m, bei Maschinen über 50 PS in mindestens 4 m hohen, hellen Räumen aufzustellen, welche reichlich und in solcher Art gelüftet sind, daß eine Ansammlung von Gasen darin ausgeschlossen ist. Diese Räume dürfen zu keinen anderen Zwecken benutzt werden. Es ist zulässig, die gesamte Kraftanlage in einem einzigen Raum unterzubringen.

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, 1810.

2. In Kellerräumen ist die Aufstellung nur dann zulässig, wenn die Kellersohle nicht tiefer als 2 m unter der benachbarten Bodenoberfläche liegt.

3. Ein unmittelbarer Zusammenhang dieser Betriebsräume mit Wohnräumen ist nicht zulässig. Auch ist das Eindringen von heißer Luft oder Dünsten aus der Kraftanlage in darüber- oder danebenliegende Wohn- oder Arbeitsräume zu verhüten.

4. Die Betriebsräume der Kraftanlage müssen so groß bemessen sein, daß die einzelnen Apparate, Motoren und sonstigen Betriebseinrichtungen von allen Seiten bequem und sicher erreicht und bedient werden können. Insbesondere sind die Rohrleitungen so zu verlegen, daß durch sie der Verkehr und die Zugänglichkeit der Apparate und Maschinen nicht beeinträchtigt wird.

5. Die Beschickung der Gaserzeuger (Vergaser oder Generatoren) muß bequem und ohne Unfallgefahr (von besonderen Bühnen oder festen Treppen oder Leitern) geschehen können. Es ist dafür zu sorgen, daß durch die Füllöffnung Verbrennungsprodukte in den Betriebsraum nicht entweichen können.

6. Die während der Anheizperiode oder während des Stillstandes der Gasmaschine entstehenden Verbrennungsprodukte des Gaserzeugers sind durch ein genügend weites und dichtes Rohr bis über die Dachfirst der benachbarten Gebäude hinauszuführen. Getrennt von diesen sind die Auspuffgase der Gasmaschine durch ein besonderes eisernes Rohr ebenso hoch und in solcher Weise abzuführen, daß die Nachbarschaft durch Geräusch nicht belästigt wird.

7. Es sind Einrichtungen zu treffen, welche während der Anheizperiode und während des Stillstandes der Maschine den Eintritt von Gasen aus dem Gaserzeuger in die Kühl- und Reinigungsapparate (Wäscher, Reiniger u. dgl.) verhindern.

8. Ebenso sind Vorkehrungen zu schaffen, welche bei Fehlzündungen oder bei anderen Störungen den Rücktritt von Explosionsgasen aus der Gasmaschine in die Gaszuleitung, sowie Explosionen in der Auspuffrohrleitung unmöglich machen.

9. Ferner sind Vorkehrungen zu treffen, welche die Belästigungen während des Reinigens (Aschez iehens, Ausschlackens) der Gaserzeugerfeuerung auf ein Mindestmaß herabdrücken. Gebotenenfalls sind die heißen Dämpfe und Gase an den Räumungsöffnungen abzufangen und fortzuleiten.

10. Die Gaswasch- und Reinigungsapparate sind mit Vorkehrungen auszustatten, welche den jeweiligen Druck erkennen lassen.

11. Die bei der Reinigung des Gases fallenden Abwässer sind so zu behandeln, daß sie geruchlos und völlig neutral abfließen. Ebenso sind die Rückstände so zu beseitigen, daß Belästigungen der Nachbarschaft vermieden werden.

12. Die Entlüftungseinrichtungen dürfen weder das Bedienungspersonal durch lästigen Zug, noch die Nachbarschaft durch Geräusche oder auf andere Weise behelligen.

13. Die Gaserzeuger sind, wenn sie durch strahlende Hitze belästigen würden, in geeigneter Weise zu verkleiden. Auch sind die Auspuffrohrleitungen, soweit sie innerhalb der Betriebsräume liegen, zu kühlen oder wirksam zu isolieren.

14. Die Gas- und sonstigen Maschinen sind so zu fundieren und die mechanischen Kraftleitungen so anzuordnen, daß die Nachbarschaft nicht durch Erschütterungen belästigt wird.

15. Bei Eintritt der Dunkelheit ist für angemessene Beleuchtung zu sorgen.

16. Den Forderungen des Unfallschutzes ist Rechnung zu tragen.

17. Für die Arbeiter ist Sitzgelegenheit und Wascheinrichtung vorzusehen.

18. Wo mit der Kraftanlage eine Akkumulatorenanlage verbunden ist, sind die Akkumulatorenräume von allen anderen Betriebsräumen zu trennen und gut zu lüften. Zur künstlichen Beleuchtung der Akkumulatorenräume darf nur elektrisches Glühlicht mit besonderer Schutzglocke oder äußere Beleuchtung verwendet werden.

19. Durch die vorstehenden Gesichtspunkte werden etwa schon bestehende ortspolizeiliche Bau- uder sonstige Vorschriften nicht berührt.

Mischgas aus Steinkohlen.

Mischgas aus Steinkohlen enthält naturgemäß auch die Entgasungsprodukte derselben (vgl. S. 42 bis 52), hat daher einen höheren Brennwert als das aus Anthrazit oder Koks. Ferner ist Steinkohle meist viel billiger als Anthrazit. Da aber bei der der Vergasung voraufgehenden Entgasung der Steinkohlen stets Teerdämpfe entstehen (vgl. S. 42), so müssen diese entfernt werden. Dies geschieht durch Reinigen des Gases durch Abscheiden oder Zersetzen bzw. Verbrennen der Teernebel[1].

Soll das Gas durch Abscheiden der Teernebel gereinigt werden, so kann man jeden Generator benutzen. Die Reinigung erfolgt dann wie bei Kokereigasen (S. 78) oder nach der in Gasanstalten üblichen Weise. Von den besonders für Kraftgas vorgeschlagenen Einrichtungen mögen folgende erwähnt werden:

Zum Reinigen teerhaltiger Gase werden diese nach *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 161 278) zuerst so weit abgekühlt, daß sich ein Teil des Teers kondensiert, dann wieder so weit erwärmt, daß die schwebenden flüssigen Teerteile wieder verdampft, jedoch nicht zersetzt werden.

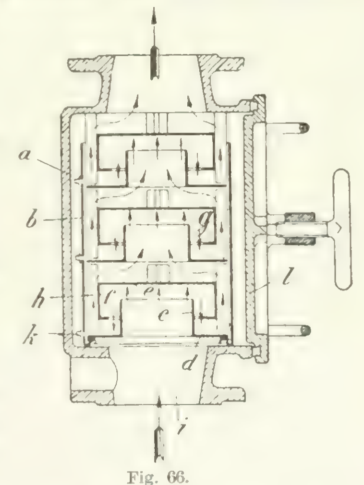


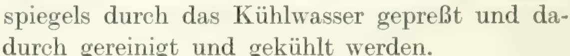
Fig. 66.

Die Vorrichtung zum Trocknen von teerige und sonstige schwebende flüssige Bestandteile enthaltenden Gasen, bei der der zu trocknende Gasstrom durch mehrere etagenartig übereinander angeordnete Kammern geleitet und hierbei in jeder Kammer durch rohrartige Leitstücke gegen Prallflächen geführt und umgelenkt wird, der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 183 823), ist dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom auch in der nach der Umlenkung eingeschlagenen Richtung gegen feste Flächen anzuprallen gezwungen wird, nachdem er vorerst an Streifkanten *g* (Fig. 66) vorbeigeführt worden ist.

Reinigungskammer für die zum Betrieb von Explosionsmotoren dienenden Gase mit Ablenkungsplatten, die zueinander versetzt angeordnete Durch-

[1] Das Verfahren zur Abscheidung der teerhaltigen Dämpfe bei der Gaserzeugung von *W. Croon* (D. R. P. Nr. 163 466) ist dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff im Gaserzeuger während des Betriebes ständig mit Wasser berieselt wird. — Sonderbar.

gangsöffnungen für den Gasstrom aufweisen, von *R. Hohmann* und *G. Wolf* (D. R. P. Nr. 171 844), ist dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkungsplatten auf einer gemeinsamen Achse angeordnet sind und alle zugleich mit dieser zum Zwecke der Reinigung aus der Kammer herausgezogen werden können.

Vorrichtung zur Reinigung und Kühlung von Gasen, bei welcher in einen Wasserkasten ein mit Scheidewand versehener geschlossener Behälter eingesetzt ist. Nach *Uhlmann* (D. R. P. Nr. 204 169) ist die Scheidewand *d* (Fig. 67) in der Höhenlage einstellbar und mit einer wagerecht angeordneten gewölbten Platte *f* versehen, gegen welche die vom Generator zugeführten ungereinigten Gase beim Ansaugen eines Motors infolge der im Behälter *b* eintretenden Luftverdünnung und des sich hierdurch erhöhenden Wasser-

spiegels durch das Kühlwasser gepreßt und dadurch gereinigt und gekühlt werden.

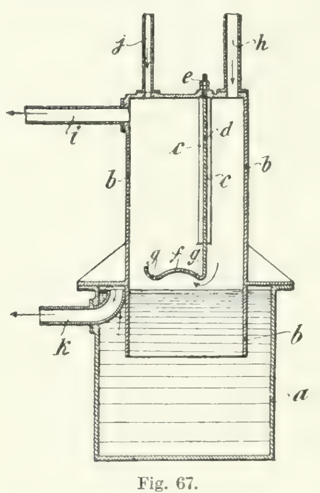


Fig. 67.

Der Gasreiniger der *Deutschen Sauggas-Locomobil-Werke* (D. R. P. Nr. 172 042) besteht aus mehreren aufeinanderfolgenden Filterkammern, in denen die Korngröße des Füllmaterials stufenweise abnimmt. — *H. Apel* (D. R. P. Nr. 166 613 und 166 614) füllt das Filter für Kraftgas mit Holzwolle, Roßhaare u. dgl. Dem Filter ist ein Wasserscheider vorgebaut.

Nach *F. Bruckert* (D. R. P. Nr. 219 302) wird das Gas nacheinander durch zwei Reiniger geführt, von denen der eine mit kaltem und der andere mit heißem Wasser arbeitet. Die Luft dringt durch Löcher in den ringförmigen Hohlraum *d* (Fig. 68) ein, wird hier vorgewärmt und strömt durch Rohre *x* in den ringförmigen, von dem Verdampfer *z* eingeschlossenen Hohlraum *y*. Die Rohrleitung *x* hat einen den Luftdurchtritt regelnden Hahn *1* und ein mit einem Hahn versehenes Zweigrohr *2*, durch welch letzteres der Wasserzufluß erfolgt. — Der in dem Hohlraum *y* gebildete Wasserdampf tritt gemischt mit der Luft durch eine Anzahl von Röhren *3* zu der auf dem Rost *s* ruhenden Brennstoffsäule. Durch einen Ventilator wird noch ein weiterer Luftstrom eingedrückt. — Das Gas steigt in dem Schachte *a* auf und tritt durch das Verbindungsrohr *5* in das von dem Mantel *7* umgebene, mit einer Schiebetür *8* versehene Rohr *6*. Von dem Rohr *6*, das unten durch ein Ablaßventil *10* geschlossen ist, zweigt ein Rohr *9* ab, welches das Gas in den Reiniger *o* leitet. Hierauf dringt das Gas durch einen durch die Öffnung *25* gespeisten Wasserverschluß und gelangt in die Drehtrommel *u*, aus der es durch den Rohrstutzen *14* entweicht. Es zieht hierauf durch das Rohr *15* in den von dem Mantel *7* umschlossenen Hohlraum, wo es durch

Berührung mit dem Rohr *6* erhitzt wird, und gelangt durch die Leitung *16* in den mit heißem Wasser arbeitenden zweiten Reiniger. Die Bauart dieses Reinigers stimmt mit der des Reinigers *o* überein, bis auf den Unterschied, daß hier kein Heißwasserableitungsrohr nötig ist, da das Wasser in Dampfform mit dem gereinigten Gas durch das Rohr *17* in den Trockenapparat

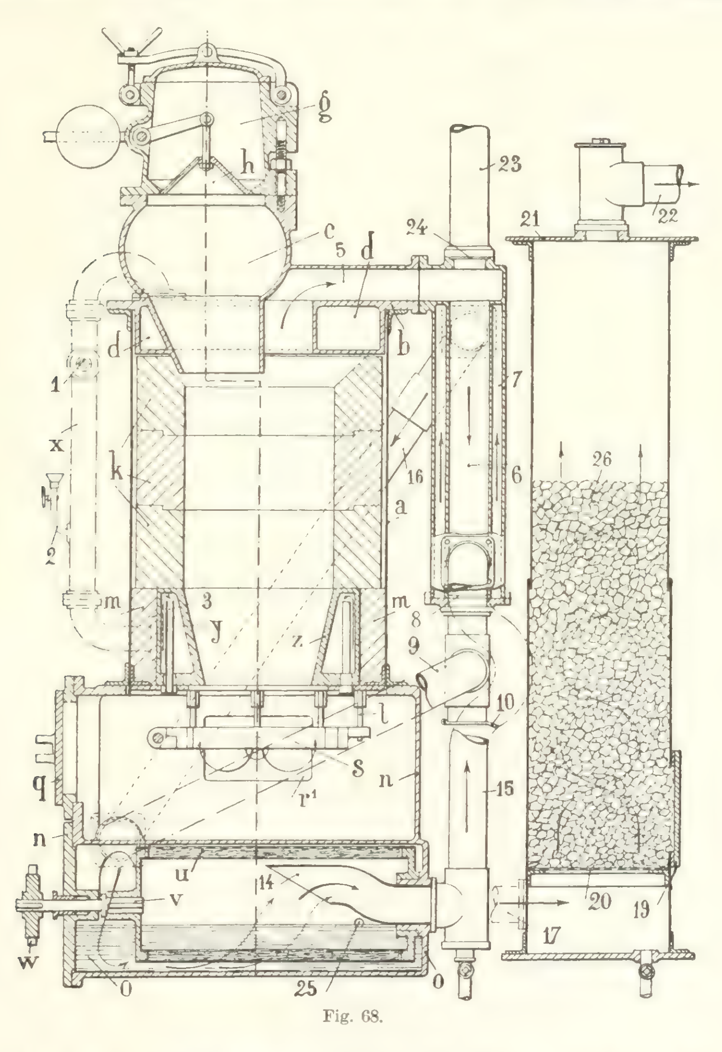


Fig. 68.

gelangt. Die Einrichtung des Trockenraumes besteht aus einer seitlichen, zur Entfernung des Trocknungsmaterials *26* dienenden Öffnung mit Tür *19* und aus einem dieses Material tragenden Rost *20* und aus einem abnehmbaren, mit einem die Verbindung mit dem Motor vermittelnden Rohre *22* versehenen Deckel *21*. Ein mit einer Schiebetür *24* versehener Schacht *23* ist auf den Apparat, am vorteilhaftesten am Ende des Ganges *5*, aufgesetzt.

Nach *Clasen & Merck* (D. R. P. Nr. 203 440) streichen die Gase, erforderlichenfalls nach Passieren von Koksfiltern, Skrubbern od. dgl., nacheinander durch Schichten von Alaun und Borax. Hierdurch werden den Gasen die schädlichen Beimengungen entzogen. Nach dieser Reinigung empfiehlt es sich, die Gase noch über Eisenvitriolstücke zu führen und dann unter Umständen über übermangansaures Kalium gehen zu lassen. Auch kann dem Alaun etwas übermangansaures Kalium zugefügt werden.

Chevalet[1] empfiehlt, die Gase nicht mit Wasser zu waschen, sondern mit Kreosotöl oder Anthracenöl, gleichgültig ob naphthalinhaltig oder nicht. Besser ist jedoch Anthracenöl, von etwa 250 bis 400° siedend, da es keine sauren Anteile enthält. Der Ölwäscher kann mit Koks beschickt sein, doch haben sich auch alle andern Arten Wäscher ebensogut bewährt, auch die mechanisch angetriebenen rotierenden Wäscher.

Zur Entfernung von Teer aus Gas führt *Burstall*[2] teerbenetzte Oberflächen dem Gas entgegen. Die Apparate gleichen einem Ventilator, durch den das Gas hindurchstreicht. Auf der Achse sitzen Bündel von Nickelstahldrähten. Dies harte Material ist erforderlich, da der Apparat mit großer Geschwindigkeit rotiert (etwa 1800 Umdrehungen in der Minute) und die Stahldrähte an den Enden eine Umfangsgeschwindigkeit von etwa 50 m in der Sekunde besitzen. Die Oberfläche der Drähte überzieht sich bald mit Teer und die fein verteilten Teerteilchen bleiben daran hängen. Der Überschuß wird ständig abgeschleudert und läuft in ein Sammelgefäß am unteren Teil des Bodens. Der Apparat ist verhältnismäßig klein; so kann ein Abscheider von 19 Zoll Durchmesser etwa 1000 cbm Gas in der Stunde reinigen und braucht dabei etwa 5 Pf. Ein solcher von 36 Zoll Durchmesser kann sogar 4000 cbm Gas in der Stunde von Teer befreien.

Nach *Hoffmann*[3] enthielt das Rohgas aus einem Generator[4] in 1 cbm 20 bis 22 g Teer, hinter dem Reiniger 0,1 g; das gereinigte Gas hatte folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	1,0
Kohlenoxyd	31,5
Schwere Kohlenwasserstoffe	0,4
Methan	2,5
Wasserstoff	11,8
Stickstoff	52,8

Auf der Ausstellung in St. Louis wurden Versuche mit amerikanischen bituminösen Kohlen im Taylor-Generator (S. 97) ausgeführt. Das Gas wurde durch einen Skrubber, dann durch Teerscheider und Eisenreiniger zur Gasmaschine geleitet. Zwei Kohlen ergaben z. B.:

[1] Journ. of Gaslight. 1909, 637.
[2] Journ. of Gaslight. 1909, 818.
[3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, 1975.
[4] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1883, 1263; 1885, 1266; 1887, 164.

Analyse der Kohle:	Kohle aus West-Virginia	Kohle aus Indiana
Wasser	1,99%	5,00%
Flüchtige Bestandteile	28,89	36,51
Fixer Kohlenstoff	60,30	49,98
Asche	8,82	8,51
Schwefel	0,79	1,43
Zusammensetzung des Gases:		
Kohlensäure	10,16%	8,25%
Sauerstoff	0,24	0,11
Kohlenoxyd	15,82	19,39
Wasserstoff	11,16	7,69
Kohlenwasserstoffe	3,74	4,92
Stickstoff	58,88	59,65
Gaserzeugung aus 1 k Kohle	4,97 cbm	3,22 cbm
Kohlenverbrauch im Generator für die effektive Pferdekraftstunde	0,45 k	0,68 k

Zur Beseitigung der Abwässerdünste bei Gasreinigern schließt die *Güldner Motoren-Gesellschaft* (D. R. P. Nr. 186 386) die Wassertöpfe der Reiniger an den Generator so an, daß bei jedem Saughub gleichzeitig mit dem Dampfluftgemisch die Dünste der Gaswässer angesaugt und im Generator verbrannt werden.

Hundeshagen und *Philip*[1] untersuchten zweimal die Abwässer aus der Vorlage, dem Skrubber und Wascher einer Mischgasanlage (mg im Liter):

	Vorlage		Skrubber		Wascher	
	I	II	I	II	I	II
Ammoniak	257,6	204,0	92,4	133,0	12,6	34,0
Kohlensäure	?	392,0	?	390,0	?	218,2
Cyanwasserstoff	Spur	2,7	14,6	12,4	6,0	7,2
Rhodanwasserstoff	—	—	Spur	Spur	—	—
Schwefelwasserstoff	12,5	8,3	22,0	25,4	Spur	10,6
Schwefelsaures Ammon	10,8	10,9	Spur	Spur	—	—
Unterschwefligsaures Ammon	21,3	16,0	26,1	14,0	15,6	Spur
Chlorammonium	Spur	Spur	Spur	Spur	—	—
Kohlenwasserstoffe, Phenole u. dgl.	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur

Das Wasser muß also vor dem Ablassen stark verdünnt werden.

Namentlich für kleinere Anlagen ist es oft vorteilhafter, statt der Reinigung des Gases die Teernebel und die schweren Kohlenwasserstoffe dadurch zu zersetzen, daß die Entgasungsprodukte durch glühenden Koks geleitet werden.

Schon *Ebelmen* leitete Mitte vorigen Jahrhunderts das in einem Schachtofen erzeugte teerhaltige Gas durch einen zweiten, mit glühendem Koks gefüllten Schacht[2].

[1] Zeitschr. f. angew. Chemie 1894, 80.

[2] Vgl. *Lendauchez:* Étude sur les combustibles (Paris 1878).

Nach *Thwaite* (D. R. P. Nr. 15 621) sind zwei Gaserzeuger $a\ a^1$ (Fig. 69) in der Weise miteinander verbunden, daß durch den einen a vermittels eines Dampfejektors b Luft hindurchgesaugt und die Kohle zur lebhaften Verbrennung gebracht wird, während die Produkte dieser Verbrennung zusammen mit dem Ejektordampf durch die weißglühende Kohle des anderen Gaserzeugers a^1 hindurchgedrückt werden. Ist die Temperatur des letzteren so weit heruntergegangen, daß der Wasserdampf durch die Kohle nicht mehr zersetzt wird, so wechselt man den Luft- und Gasdurchgang durch Umstellen der Ventile $c\ d$ um. — Entsprechende Vorschläge wurden auch von *Bull* (D. R. P. Nr. 28 457), *Berner* (D. R. P. Nr. 78 452) u. A.[1] gemacht.

Nach Angabe der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 104 577) zeigt Fig 70 zwei miteinander verbundene Generatoren G_1 und G_2, von denen der

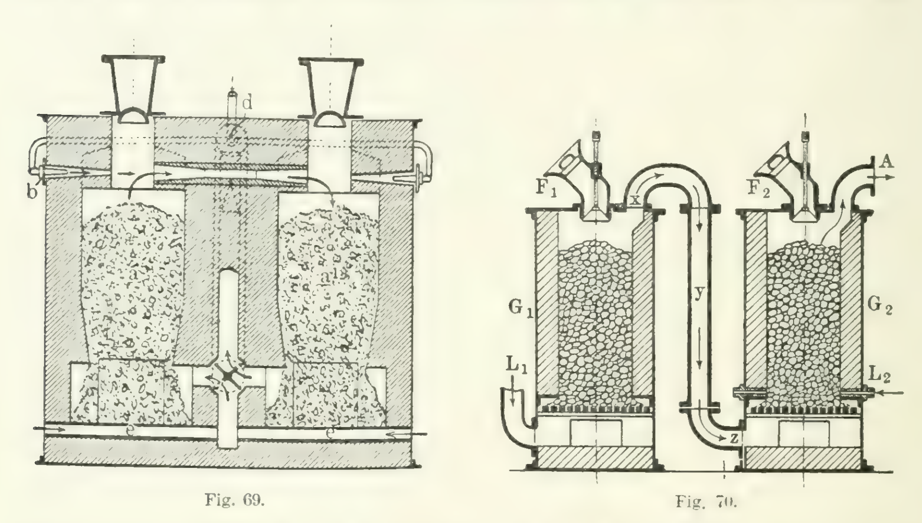


Fig. 69. Fig. 70.

erste mit bituminöser Kohle, der zweite mit Koks (oder Anthrazit) beschickt wird. Im Beharrungszustande befindet sich im ersten Generator im unteren Teile glühender Koks, darüber Kohle, im Generator G_2 in der ganzen Höhe des Schachtes glühender Koks. Wird nun in dem ersten Generator durch L_1 Luft mit oder ohne Zusatz von Wasserdampf eingeblasen, so bildet sich beim Durchziehen der Koksschicht ein aus Kohlenoxyd, Stickstoff und etwaigem Wasserstoff bestehendes Generatorgas, welches die obere Kohlenschicht zur Rotglut erhitzt, die Destillationsprodukte der Kohle austreibt und die Kohle in Koks verwandelt. In dem Maße, wie der Koks über dem Roste abbrennt, wird durch die Füllöffnung F_1 frische Kohle nachgefüllt, die sich dann allmählich wieder in Koks verwandelt. Die Destillationsprodukte treten gemischt mit dem Generatorgase durch die Öffnung x aus dem Generator aus und gelangen durch das Verbindungsrohr y und die Eintrittsöffnung z unter den Rost des zweiten Generators G_2, den sie von unten nach oben

[1] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1889, 106; 1890, 193; 1895, 89.

durchstreichen. Gleichzeitig strömt an einer beliebigen Stelle im unteren Teile des Generators durch die Düsen L_2 Luft ein. Im Generator G_2 werden nun die Destillationsprodukte unter Gegenwart von Luft in Wasserstoff und Kohlenoxyd umgesetzt, indem zunächst im unteren Teile des Ofens die Destillationsprodukte und der Koks des Ofens zu Wasser und Kohlensäure verbrennen, die im oberen Teile des Ofens zu Kohlenoxyd und Wasserstoff reduziert werden. Das Endprodukt entweicht durch den Austrittsstutzen A. — Man kann die beiden Generatoren auch übereinander anbringen.

Nach *J. Maly* (D. R. P. Nr. 196 697) steht der Generator A_1 (Fig. 71), in welchen die Brennstoffe aufgegeben sind, mit einem Generator A_2, welcher mit Anthrazit od. dgl. gefüllt ist, in Verbindung. Die Verbindungsleitung a beider Generatoren mündet in den Generator A_2 bei b oberhalb der Luftzuführung c, welche bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel in den Rostraum führt. Zweckmäßig endigt die Leitung a in einem Ringkanal r, der durch die Öffnung b mit dem Generatorraum in Verbindung steht. Die in dem Generator A_2 sich entwickelnden Gase ziehen durch eine Leitung d ab, welche in dem Generatorraum in verschiedener, dem entsprechenden Zweck angepaßter Höhe endigen kann. So z. B. kann die Eintrittsöffnung der Leitung d sich in der Brennstoffsäule

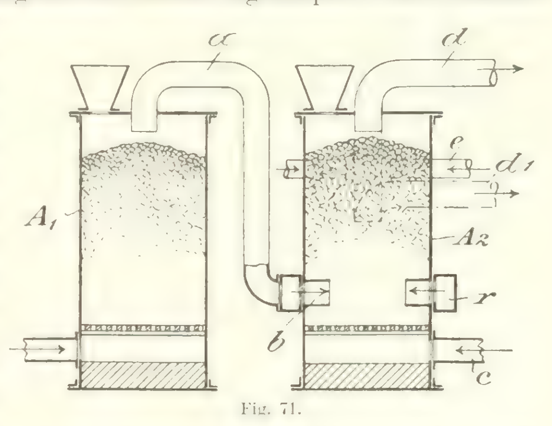


Fig. 71.

selbst, wie durch punktierte Linien angedeutet ist, befinden, so daß also das Ende der Ableitung d in die Brennstoffsäule hineinragt; oder die Abzugsleitung kann in einem gekrümmten Rohr d_1 bestehen, welches seitlich aus dem Generator A_2 herausgeführt ist. Um Luft von oben in den Generator A_2 einführen zu können, sind entsprechende Luftleitungen e angeordnet, die oberhalb der Gasentnahmestelle, also oberhalb der Öffnung der Leitung d münden. — Eine derartige Verbindung von zwei getrennten Räumen mit verschiedenen Brennstoffen ist doch etwas lästig.

Die Zuführung des Brennstoffes von unten in die Feuerung ist bei Dampfkesselfeuerungen längst versucht. In entsprechender Weise wird von der *Underfeed Stoker Comp.* (D. R. P. Nr. 115 105) die frische Kohle unterhalb der Luftzuführung in den Gaserzeuger eingeführt[1].

Nach *A. Ronay* (D. R. P. Nr. 148 854) werden die Kohlen durch Schnecken *4* (Fig. 72) zugeführt. Die Luft tritt bei *3* unter den Kegelrost *2*,

[1] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1901, 131.

das Gas entweicht durch Rohr *1*. Öffnungen *6* gestatten die Beobachtung der Vergasung. Durch verschließbare Öffnungen *7* und *8* können Schlacke und Asche entfernt werden. Nach einem zweiten Vorschlage wird die Luft von oben, die Kohle von unten zugeführt, das Gas seitlich abgeführt.

Fig. 72.

Fig. 73.

Nach *Kitson* (D. R. P. Nr. 108 183 und 109 777) werden die frischen Kohlen seitlich in halber Höhe der Brennstoffschicht eingeführt.

Nach *L. Boutillier* (D. R. P. Nr. 170 406) wird das Feuer in dem Schacht *1* (Fig. 73) angezündet, dann wird der Brennstoff durch Schnecke *15* oder Rohr *17* zugeführt und im Schacht *9* entgast. Das Luft-Dampfgemisch wird durch *7* unter den Rost *6* geführt, das Gas entweicht durch Ansatz *3*.

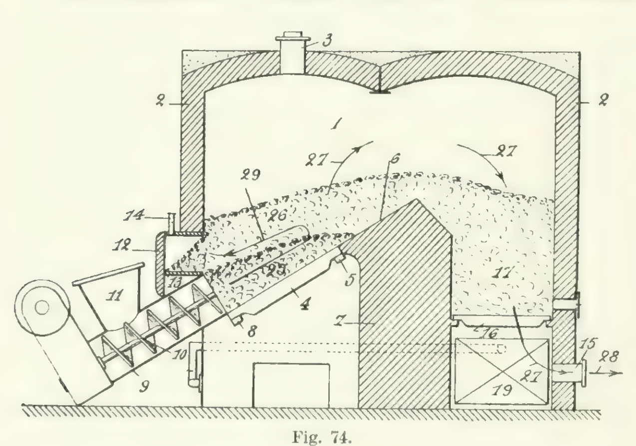


Fig. 74.

Nach *Boutillier & Co.* (D. R. P. Nr. 173 651) ist im Innern des Feuerraumes *1* (Fig. 74) ein geneigter Rost *4* angebracht, dessen hinteres Ende am tiefsten Punkte einer geneigten Herdsohle *6* auf einer Unter-

lage *5* ruht. Die geneigte Herdsohle wird durch die obere Fläche einer quer über die ganze Breite des Feuerraumes angebrachten Mauer *7* gebildet. Der Vorderrand des Rostes *4* ruht auf einer Unterlage *8*, welche in der Höhe des tiefsten Punktes der Ausmündung eines geneigten Rohres *9* angebracht ist, so daß dieses Rohr auf dem Rost *4* des Feuerraumes *1* ausmündet. Im Rohre *9* ist eine Förderschnecke *10* angebracht, über deren unterem Ende sich ein Aufgabetrichter *11* für Torf oder Steinkohle befindet. — Der Vorderteil des Gaserzeugers ist mit einer Tür *12* versehen, welche die Beobachtung des Verbrennungsprozesses und den Zugang zu einer Platte *13* gestattet, welche in horizontaler Lage längs der ganzen Breite des Feuerraumes *1* in der Höhe des höchsten Punktes der Ausmündung des Rohres *9* hinläuft. Diese Platte dient dazu, den Brennstoff aufzunehmen, welcher auf der Böschung des den Rost *4* und die Herdsohle *6* bedeckenden Brennmaterials herabgleitet. Oberhalb dieser Platte *13* ist ein Rohrstutzen *14* angebracht, welcher in die unter gewöhnlichen Umständen durch die Tür *12* verschlossene Öffnung einmündet und zum Einbringen eines Gemenges von Luft und Wasserdampf in diesen Teil des Gaserzeugers dient. Am hinteren Ende ist der Gaserzeuger mit einem am Unterteile angeordneten Rohrstutzen *15* versehen, oberhalb dessen ein über die ganze Breite des Raumes *17* zwischen der Quermauer *7* und der hinteren Mauer des Feuerraumes reichender Rost *16* angebracht ist. Das gebildete Gas bewegt sich in der Richtung der Pfeile *27* und entweicht durch Stutzen *28*.

Diese „Maulwurfgeneratoren" werden wenig Beifall finden.

Nach *David* (D. R. P. Nr. 176 232) ist über der Scheidewand *B* (Fig. 75) eine Zwischenwand *K* angeordnet, welche die verkokende Kohlenschicht tragen soll. Die Luft mit Wasserdampf wird bei *O* eingeführt, das Gas entweicht bei *O'*. Wenn nach einer gewissen Betriebsdauer der in der Kammer C^1 befindliche Brennstoff durch die für die Zersetzung der flüchtigen Bestandteile aufgewendete Wärmeabgabe abgekühlt ist, wird die Richtung des Gasstromes durch Ventile gewechselt, so daß dann die frische Luft durch die Öffnung O^1 eingeführt wird, während die brennbaren Gase durch die Öffnung *O* abgeleitet werden. — Auch nach *Dowson* (D. R. P. Nr. 118 161) durchziehen die Gase die Kohlen in wagerechter Richtung.

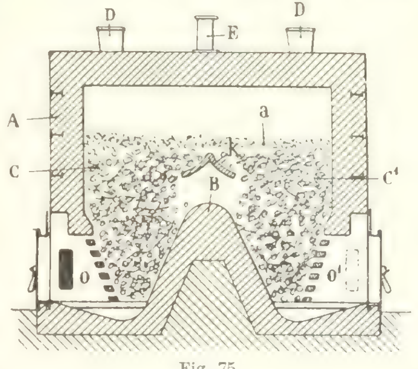


Fig. 75.

Zur Erzeugung eines teerfreien Kraftgases aus backender Steinkohle, in Gaserzeugern, bei welchen der Brennstoff vor Eintritt in den Vergasungsschacht verkokt wird, wird nach *L. Wesselsky* (D. R. P.

Nr. 217 509) der Brennstoff in besonderen Zellen oder Formen verkokt. Es nimmt z. B. der in Zellen geteilte Wanderrost *10* (Fig. 76) den Brennstoff aus einem Schüttrumpf *11* auf und schüttet die entstandenen Koksformlinge selbsttätig in den Generatorschacht *6* aus. Die Bewegung solcher Wanderzellenroste kann erfolgen durch einen schwingenden Hebel *12* mit angelenkter Sperrklinke *13*, welche in ein auf der Trommelachse sitzendes Sperrad *14* eingreift. Die schwingende Bewegung kann dem Hebel *12* einerseits durch ein Seil *15*, welches an einer Kurbel angreift, andererseits durch ein Gegengewicht erteilt werden. — Zur **Regelung** kann beispielsweise eine Membran *21* Verwendung finden, welche derart über ein mit der Gasableitung verbundenes Gefäß gespannt ist, daß unter der Membran der jeweilige, von der Größe der jeweiligen Gasproduktion abhängige, in der Gasleitung *20* herrschende Druck wirksam ist, während die Oberseite der Membran dem jeweiligen allgemeinen Luftdruck ausgesetzt ist. Die Membran *21* steht ferner unter der Einwirkung einer Feder oder eines Gewichtes, welches entgegengesetzt auf die Membran wirkt als wie der Gasdruck. Beim Betrieb von Sauggasmotoren wird die Bewegung der Membran *21* mittelbar zur Bewegung des Rostes nutzbar gemacht, indem beispielsweise die Bewegungen der Membran *21* durch Vermittlung eines Winkelhebels *22* zur Verschiebung des Angriffspunktes *18* des Zugseiles *15* auf dem Hebel *12* und somit zur Regelung des Rostvorschubes dienen, da letzterer von der Lage des Angriffspunktes *18* des Seiles *15* auf den Hebel *12* abhängig ist. — Ob sich diese Einrichtung praktisch bewährt?

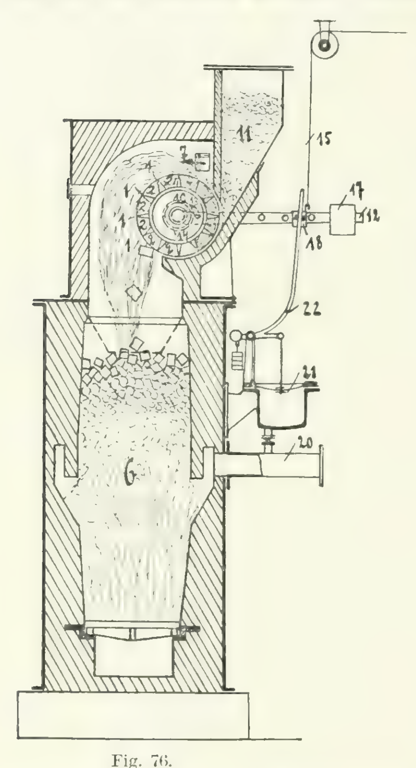


Fig. 76.

Nach *G. Schimming* (D. R. P. Nr. 208 525) wird die Kohle aus dem Behälter *B* (Fig. 77) durch das Schleuderwerk *C* gleichmäßig und ununterbrochen auf die Oberfläche der Brennmaterialschicht im Gaserzeuger *A* aufgegeben. Der Wind strömt durch die Leitung *D* zu und wird periodisch durch den Schieber *E* abgesperrt. Sobald *E* geschlossen ist, hebt sich der Kolben *F* in dem Zylinder *G* und saugt die Vergasungsprodukte aus der Schicht *H* in die Entgasungsschicht *J* zurück; bei sinkendem Kolben *F* und geöffnetem Schieber *E* treten die heißen Erzeugnisse wieder nach *H* zurück und tritt Verbrennungsluft durch *J* nach *H*. Das erzeugte Gas

tritt bei *K* aus dem Brennstoff und wird durch die Gassammelrohre *L* fortgeleitet. — Zweifelhaft.

Nach *C. Siemens* (Engl. Pat. Dezember 1864) öffnet sich die mit Fülltrichtern *n* (Fig. 78) versehene Retorte *R* unten in den Generatorraum *G* und hält denselben mit Koks gefüllt. Die glühenden Generatorgase umspülen die Retorte und bewirken so die Entgasung der darin befindlichen Steinkohle. Steinkohlengase und Teerdämpfe müssen ebenfalls unten aus der Retorte entweichen, womit zugleich eine teilweise Zersetzung der Wasserdämpfe und des Teers erreicht wird.

Ähnlich sind die Vorrichtungen von *Lürmann* (D. R. P. Nr. 549, 12 432 und 17 666), *F. Siemens* (D. R. P. Nr. 69 651), *Krupp* (D. R. P. Nr. 13 282)

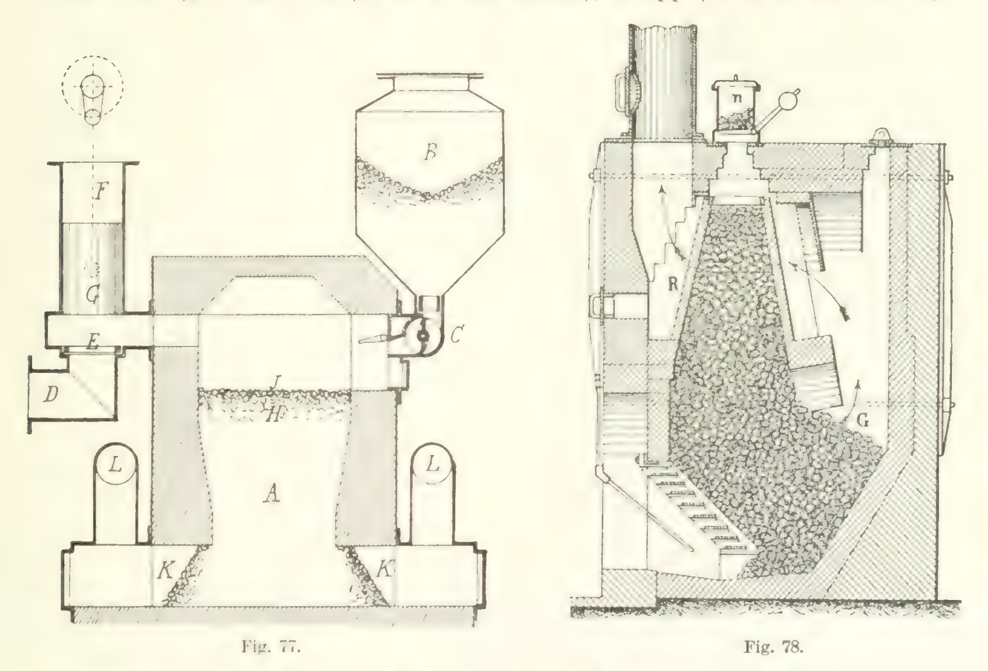


Fig. 77. Fig. 78.

u. A.[1]. — Ferner sei auf die Vorschläge von *Freund* (D. R. P. Nr. 169 127), *Besemfelder* (D. R. P. Nr. 115 070, 126 729, 134 275), *Versen* (D. R. P. Nr. 199 715 und 210 355), *Schlüter* (D. R. P. Nr. 138 304), *Saurer* (D. R. P. Nr. 175 412), *Hille* (D. R. P. Nr. 168 390), *Bickerton* (D. R. P. Nr. 207 824) und *Schmidt* (D. R. P. Nr. 183 915) verwiesen.

L. Mond[2] zersetzt die Teerdämpfe im Ofen und hält die Temperatur des Generators dadurch niedrig, daß er einen Teil der Abgase der Gasmaschine

[1] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 296 u. 300.

[2] Journ. Chem. Soc. Ind. 1889, 505; Fischers Jahresber. 1887, 189; 1901, 138; 1902, 99; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1901, 1593.

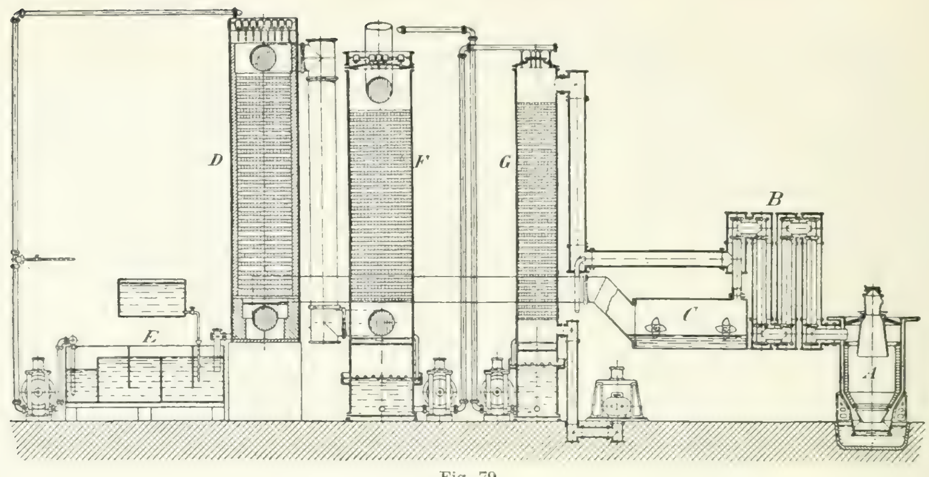


Fig. 79.

wieder einbläst. Die Gaserzeuger *A* (Fig. 79 und 80), mit Schamottesteinen ausgesetzte Schachtöfen mit korbartigem Roste *a*, welcher bis unter dem Spiegel des Wasserbeckens *b* herabsinkt, werden bis über den unteren Rand der Glocke *c* mit Brennstoff gefüllt erhalten. Der Brennstoff wird von dem Rumpfe *d* aus zugeführt; die Beschickung beträgt 400 bis 500 k für einen Erzeuger, der 20 bis 24 t Kleinkohle in 24 Stunden verarbeitet. Die Asche fällt in das Wasserbecken und wird aus diesem mit der Schaufel entfernt, Luft und Dampf strömen durch den den Ofen umgebenden Ringraum *e* unter den Rost. Da große Dampfmengen angewendet werden, in Winnington etwa das $2^1/_2$fache des Brennstoffgewichtes, so bleibt die Temperatur im Ofen ziemlich niedrig; deshalb backt der niedersinkende Brennstoff nicht zusammen, sondern Luft und Dampf durchströmen gleichmäßig die Kohlensäule. Da die Glocke *c* den frischen Brennstoff enthält, so wird dieser schon innerhalb dieses Raumes entgast; die entwickelten Gase sind gezwungen, durch die heiße Zone des Ofens zu ziehen, und das entwickelte Gas entweicht mit großem Überschuß an Wasserdampf bei *f* nahezu teerfrei. Das Gas durchstreicht die inneren Rohre des Gegenstromkühlers *B*, durch dessen äußere Rohre Dampf und Luft

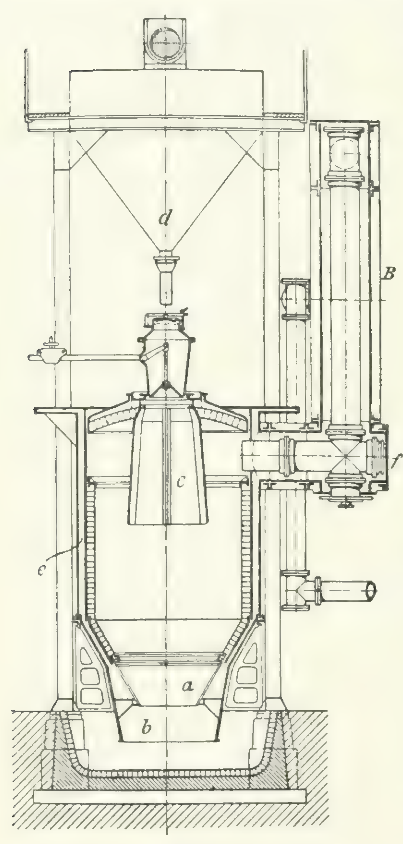


Fig. 80.

geblasen werden, so daß ein Wärmeaustausch stattfindet und das Gas einigermaßen abgekühlt in den Wäscher *C* tritt. Das Gas wird nun im Wäscher mit Wasser gemengt, welches von zwei Schlägerwellen zerstäubt wird. Die Temperatur des Gases wird durch die dabei stattfindende Verdampfung auf etwa 90° herabgebracht. Das Gemisch von Gas und Dampf gelangt nun in den Säureturm *D*, ein mit Blei verkleideter, mit Ziegelsteinen ausgesetzter Schacht, der mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, die überschüssige Schwefelsäure enthält, berieselt wird. In diesem Schachte wird das Ammoniak gebunden, die Lösung reichert sich an. Sie wird, unten angekommen, wieder aufgepumpt, aber man hält sie immer auf gleicher Dichte, indem man eine entsprechende Menge abzieht und frische Schwefelsäure zusetzt. Aus dem Lösungsbehälter *E* wird das schwefelsaure Ammoniak nach Eindampfen gefördert und dann in Krystallen abgeschieden. Da ein wenig Teer immer noch mitgeht, so ist das Sulfat etwas grau gefärbt. Aus dem Säureturme gelangt das Gas in einen zweiten Schacht *F*, der gleichfalls mit Ziegeln ausgesetzt ist. Hier strömt ihm Kühlwasser entgegen; es wird also hier der Dampfüberschuß niedergeschlagen, das Gas abgekühlt und der Stelle seiner Verwendung zugeführt, nachdem es noch durch Filter, welche mit Sägespänen gefüllt sind, geleitet worden ist. Der Inhalt dieser Filter wird höchstens einmal monatlich erneuert. — Das warme Rieselwasser sammelt sich unten im Kühlturme und wird auf einen dritten, den Luftturm *G*, gepumpt. In diesem strömt ihm die von einem Gebläse gelieferte Betriebsluft entgegen. Sie erwärmt sich und sättigt sich mit Dampf. Das kalte Wasser wird unten gesammelt und auf den Kühlturm zurückgepumpt, die vorgewärmte und gesättigte Gebläseluft aber durchströmt die Gegenstromvorrichtung *B*, nachdem ihr vorher noch der nötige Dampfüberschuß zugesetzt ist. — Bei der Inbetriebsetzung eines Gaserzeugers muß 2 bis 3 Tage angeheizt werden. Man beginnt mit Holzabfällen und Koks und fügt allmählich Kleinkohle zu. Das Gas läßt man bei schwachem Blasen so lange entweichen, bis es 30% brennbare Bestandteile enthält. Ein so in Betrieb gekommener Erzeuger geht ein ganzes Jahr ununterbrochen. Will man ihn, wenn man weniger Gas gebraucht, zeitweilig außer Betrieb setzen, so füllt man ihn reichlich hoch mit Brennstoff, vermindert das Blasen, bis sich das erste Rohr des Gegenströmers mit Wasser abschließt, und läßt das Gas unmittelbar entweichen. Ein so still gesetzter Erzeuger hält das Feuer bis 2 Wochen lang und kann alsbald wieder in Tätigkeit treten. — In Winnington angestellte Versuche ergaben, daß, bezogen auf 1 t Brennstoff, 3000 k Luft in den Luftturm geblasen werden, welche hier 1000 k Dampf aufnehmen und sich auf 70° erwärmen (vgl. S. 88). Diesem Gemische werden unterwegs noch 1500 k Dampf zugesetzt, so daß also 5500 k mit 85° in den Gegenströmer treten, den sie mit 250° verlassen. Im Gaserzeuger vermehrt sich die Menge auf 6500 k, bestehend aus 4500 k Gas und 2000 k Dampf; die Temperatur steigt auf 450°. Im Gegenströmer verringert sich diese auf 280°, im Wäscher auf 90°, während hier noch 750 k Dampf entstehen, so daß 7250 k Gemisch, bestehend aus 4500 k Gas und 2750 k Dampf, in den Säureturm übertreten.

Der Dampfgehalt beträgt also jetzt 38%, das Gemisch ist demnach nicht gesättigt. Das ist wichtig, weil sich sonst im Säureturme Wasser ausscheiden und die Lösung verdünnen würde, was vermieden werden muß. Im Säureturme sinkt die Temperatur um etwa 10°, also auf 80°, im Kühlturme weiter auf 65°, während 1500 k Dampf niedergeschlagen werden. Der Kühlturm liefert also 5750 k nasses Gas, welches etwa 1250 k, also 22% Dampfgehalt zeigt. Das entspricht fast genau dem Sättigungszustande, der 20% verlangen würde. — Das Kühlwasser tritt mit 50° in den Kühlturm und verläßt ihn mit 80°, um im Luftturme wieder auf 50° gebracht und mit dieser Temperatur zurückgepumpt zu werden. Die Lösung im Ammoniakturme wird nur wenig erwärmt, sie hat etwa 80°. Das entstandene trockene Gas bestand aus:

Methan	2,5%
Wasserstoff	26,4
Kohlenoxyd	10,2
Kohlensäure	16,3
Stickstoff	44,6

1 k Kohle (7,5% Asche und 7,3% Wasser) lieferte 4,43 cbm Gas; bei der schlechten Beschaffenheit der zur Herstellung des Mondgases benutzten Kohle muß das Ergebnis als befriedigend bezeichnet werden. — Außer dem Gase gewinnt man in Winnington noch 44 k Sulfat von 1 t Brennstoff. Da das Sulfat 24 bis 25% Ammoniak enthält, so entfallen auf die Tonne Brennstoff ungefähr 10 k NH_3. — Bei Verwendung schlechterer Kohle bestand das trockene Gas aus:

Methan	2%
Wasserstoff	29
Kohlenoxyd	11
Kohlensäure	16
Stickstoff	42

Die Beschickung des Gaserzeugers, bezogen auf 1 k feuchte Kohle, bestand aus:

0,914 k trockener Kohle,
0,086 „ Feuchtigkeit,
0,840 „ Dampf vom Turme,
1,334 „ frischem Dampf,
2,526 „ Luft.

Das Ergebnis war 3,82 cbm trockenes Gas und 0,01 k Ammoniak. Von der gesamten Wassermenge, 2260 k, wurden 0,534 k, also 23,6%, zersetzt, der Rest ging also als Dampf durch und wurde größtenteils im Kühlturme niedergeschlagen.

Nach einem ferneren Vorschlage von *L. Mond* (D. R. P. Nr. 136 884) wird der obere Teil des Gaserzeugers durch zwei Wände *g* (Fig. 81) in die drei Abteilungen *h* und *i* geteilt, die auf Gewölben *t* ruhen. Dieselben erstrecken sich bis zu einer gewissen Entfernung nach unten in den Gaserzeuger. Das Gas wird aus dem Gaserzeuger durch die mittlere Abteilung *i* und das Ableitungsrohr *s* abgeführt. Das Brennmaterial wird durch die Trichter *j*

Bei der Sauggasanlage der Motorenfabrik *Moritz Hille* in Löbtau wird das im Generator A (Fig. 64) zu zersetzende Wasser von einer kleinen, von der Steuerwelle des Motors betätigten Pumpe in den Trichter a des Verdampfers B gefördert. In diesem wird es verdampft und der Dampf überhitzt. In der den Generator ringförmig umgebenden Kammer b wird die zur Verbrennung nötige Zusatzluft vorgewärmt; dann vereinigt sie sich mit dem Dampf und gelangt mit ihm durch das Rohr c unter den Rost und in den Generator. Das Gas wird im Skrubber C und in einem Filter, das in dem Gastopf D liegt, vom Staub gereinigt. Das Filter besteht aus einem durchlochten Blechkegel, der mit Asbestschnüren belegt ist. Diese werden durch den Hahn d vor Beginn des Betriebes mittels einer Spritze mit Petroleum eingefettet und fangen etwa noch mitgerissene Staubteilchen auf.

Bei dem Gaserzeuger der *Schweizer Maschinenfabrik Winterthur* tritt die Luft bei a (Fig. 65) in die hohle Deckplatte zur Vorwärmung, dann in den ringförmigen Verdampfer b, in welchen bei c Wasser eingeführt wird. Das gebildete Dampfluftgemisch tritt durch Rohr d unter den Rost, wenn Ventil e geöffnet ist. Das gebildete Gas umspült den Verdampfer b und entweicht durch Ventil f zum Koksriesler oder in die Luft. Um die bei c eingespritzte Wassermenge der Saugwirkung der Maschine anpassen zu können, ist der Speiseregler g angebracht[1].

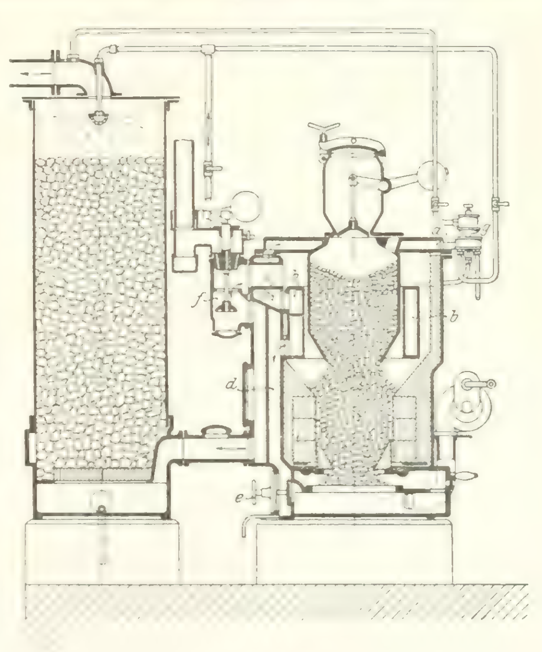


Fig. 65.

Grundsätze für die Einrichtung und den Betrieb von Sauggas-Kraftanlagen.

(Gemäß dem Erlaß des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe vom 20. Juni 1904. [IIIa 5122.] Ministerialblatt Seite 338 und 339.)

1. Die Vorrichtungen zur Darstellung und Reinigung des Sauggases und die Gasmaschinen (Motoren) sind in mindestens 3,5 m, bei Maschinen über 50 PS in mindestens 4 m hohen, hellen Räumen aufzustellen, welche reichlich und in solcher Art gelüftet sind, daß eine Ansammlung von Gasen darin ausgeschlossen ist. Diese Räume dürfen zu keinen anderen Zwecken benutzt werden. Es ist zulässig, die gesamte Kraftanlage in einem einzigen Raum unterzubringen.

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, 1810.

2. In Kellerräumen ist die Aufstellung nur dann zulässig, wenn die Kellersohle nicht tiefer als 2 m unter der benachbarten Bodenoberfläche liegt.

3. Ein unmittelbarer Zusammenhang dieser Betriebsräume mit Wohnräumen ist nicht zulässig. Auch ist das Eindringen von heißer Luft oder Dünsten aus der Kraftanlage in darüber- oder danebenliegende Wohn- oder Arbeitsräume zu verhüten.

4. Die Betriebsräume der Kraftanlage müssen so groß bemessen sein, daß die einzelnen Apparate, Motoren und sonstigen Betriebseinrichtungen von allen Seiten bequem und sicher erreicht und bedient werden können. Insbesondere sind die Rohrleitungen so zu verlegen, daß durch sie der Verkehr und die Zugänglichkeit der Apparate und Maschinen nicht beeinträchtigt wird.

5. Die Beschickung der Gaserzeuger (Vergaser oder Generatoren) muß bequem und ohne Unfallgefahr (von besonderen Bühnen oder festen Treppen oder Leitern) geschehen können. Es ist dafür zu sorgen, daß durch die Füllöffnung Verbrennungsprodukte in den Betriebsraum nicht entweichen können.

6. Die während der Anheizperiode oder während des Stillstandes der Gasmaschine entstehenden Verbrennungsprodukte des Gaserzeugers sind durch ein genügend weites und dichtes Rohr bis über die Dachfirst der benachbarten Gebäude hinauszuführen. Getrennt von diesen sind die Auspuffgase der Gasmaschine durch ein besonderes eisernes Rohr ebenso hoch und in solcher Weise abzuführen, daß die Nachbarschaft durch Geräusch nicht belästigt wird.

7. Es sind Einrichtungen zu treffen, welche während der Anheizperiode und während des Stillstandes der Maschine den Eintritt von Gasen aus dem Gaserzeuger in die Kühl- und Reinigungsapparate (Wäscher, Reiniger u. dgl.) verhindern.

8. Ebenso sind Vorkehrungen zu schaffen, welche bei Fehlzündungen oder bei anderen Störungen den Rücktritt von Explosionsgasen aus der Gasmaschine in die Gaszuleitung, sowie Explosionen in der Auspuffrohrleitung unmöglich machen.

9. Ferner sind Vorkehrungen zu treffen, welche die Belästigungen während des Reinigens (Ascheziehens, Ausschlackens) der Gaserzeugerfeuerung auf ein Mindestmaß herabdrücken. Gebotenenfalls sind die heißen Dämpfe und Gase an den Räumungsöffnungen abzufangen und fortzuleiten.

10. Die Gaswasch- und Reinigungsapparate sind mit Vorkehrungen auszustatten, welche den jeweiligen Druck erkennen lassen.

11. Die bei der Reinigung des Gases fallenden Abwässer sind so zu behandeln, daß sie geruchlos und völlig neutral abfließen. Ebenso sind die Rückstände so zu beseitigen, daß Belästigungen der Nachbarschaft vermieden werden.

12. Die Entlüftungseinrichtungen dürfen weder das Bedienungspersonal durch lästigen Zug, noch die Nachbarschaft durch Geräusche oder auf andere Weise behelligen.

13. Die Gaserzeuger sind, wenn sie durch strahlende Hitze belästigen würden, in geeigneter Weise zu verkleiden. Auch sind die Auspuffrohrleitungen, soweit sie innerhalb der Betriebsräume liegen, zu kühlen oder wirksam zu isolieren.

14. Die Gas- und sonstigen Maschinen sind so zu fundieren und die mechanischen Kraftleitungen so anzuordnen, daß die Nachbarschaft nicht durch Erschütterungen belästigt wird.

15. Bei Eintritt der Dunkelheit ist für angemessene Beleuchtung zu sorgen.

16. Den Forderungen des Unfallschutzes ist Rechnung zu tragen.

17. Für die Arbeiter ist Sitzgelegenheit und Wascheinrichtung vorzusehen.

18. Wo mit der Kraftanlage eine Akkumulatorenanlage verbunden ist, sind die Akkumulatorenräume von allen anderen Betriebsräumen zu trennen und gut zu lüften. Zur künstlichen Beleuchtung der Akkumulatorenräume darf nur elektrisches Glühlicht mit besonderer Schutzglocke oder äußere Beleuchtung verwendet werden.

19. Durch die vorstehenden Gesichtspunkte werden etwa schon bestehende ortspolizeiliche Bau- uder sonstige Vorschriften nicht berührt.

Mischgas aus Steinkohlen.

Mischgas aus Steinkohlen enthält naturgemäß auch die Entgasungsprodukte derselben (vgl. S. 42 bis 52), hat daher einen höheren Brennwert als das aus Anthrazit oder Koks. Ferner ist Steinkohle meist viel billiger als Anthrazit. Da aber bei der der Vergasung voraufgehenden Entgasung der Steinkohlen stets Teerdämpfe entstehen (vgl. S. 42), so müssen diese entfernt werden. Dies geschieht durch Reinigen des Gases durch Abscheiden oder Zersetzen bzw. Verbrennen der Teernebel[1].

Soll das Gas durch Abscheiden der Teernebel gereinigt werden, so kann man jeden Generator benutzen. Die Reinigung erfolgt dann wie bei Kokereigasen (S. 78) oder nach der in Gasanstalten üblichen Weise. Von den besonders für Kraftgas vorgeschlagenen Einrichtungen mögen folgende erwähnt werden:

Zum Reinigen teerhaltiger Gase werden diese nach *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 161 278) zuerst so weit abgekühlt, daß sich ein Teil des Teers kondensiert, dann wieder so weit erwärmt, daß die schwebenden flüssigen Teerteile wieder verdampft, jedoch nicht zersetzt werden.

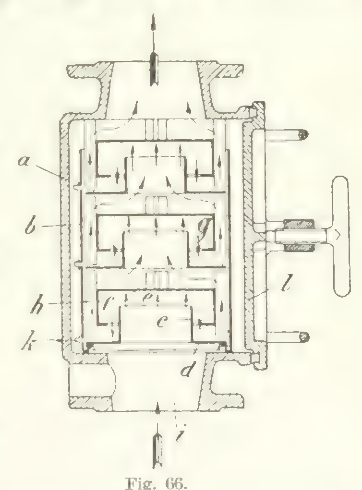


Fig. 66.

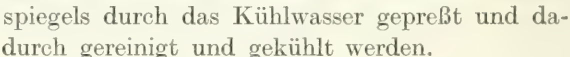
Die Vorrichtung zum Trocknen von teerige und sonstige schwebende flüssige Bestandteile enthaltenden Gasen, bei der der zu trocknende Gasstrom durch mehrere etagenartig übereinander angeordnete Kammern geleitet und hierbei in jeder Kammer durch rohrartige Leitstücke gegen Prallflächen geführt und umgelenkt wird, der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 183 823), ist dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom auch in der nach der Umlenkung eingeschlagenen Richtung gegen feste Flächen anzuprallen gezwungen wird, nachdem er vorerst an Streifkanten *g* (Fig. 66) vorbeigeführt worden ist.

Reinigungskammer für die zum Betrieb von Explosionsmotoren dienenden Gase mit Ablenkungsplatten, die zueinander versetzt angeordnete Durch-

[1] Das Verfahren zur Abscheidung der teerhaltigen Dämpfe bei der Gaserzeugung von *W. Croon* (D. R. P. Nr. 163 466) ist dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff im Gaserzeuger während des Betriebes ständig mit Wasser berieselt wird. — Sonderbar.

gangsöffnungen für den Gasstrom aufweisen, von *R. Hohmann* und *G. Wolf* (D. R. P. Nr. 171 844), ist dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkungsplatten auf einer gemeinsamen Achse angeordnet sind und alle zugleich mit dieser zum Zwecke der Reinigung aus der Kammer herausgezogen werden können.

Vorrichtung zur Reinigung und Kühlung von Gasen, bei welcher in einen Wasserkasten ein mit Scheidewand versehener geschlossener Behälter eingesetzt ist. Nach *Uhlmann* (D. R. P. Nr. 204 169) ist die Scheidewand *d* (Fig. 67) in der Höhenlage einstellbar und mit einer wagerecht angeordneten gewölbten Platte *f* versehen, gegen welche die vom Generator zugeführten ungereinigten Gase beim Ansaugen eines Motors infolge der im Behälter *b* eintretenden Luftverdünnung und des sich hierdurch erhöhenden Wasserspiegels durch das Kühlwasser gepreßt und dadurch gereinigt und gekühlt werden.



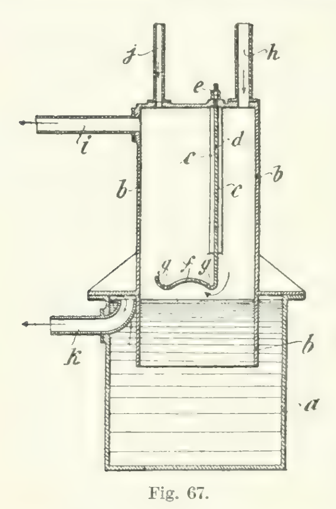


Fig. 67.

Der Gasreiniger der *Deutschen Sauggas-Locomobil-Werke* (D. R. P. Nr. 172 042) besteht aus mehreren aufeinanderfolgenden Filterkammern, in denen die Korngröße des Füllmaterials stufenweise abnimmt. — *H. Apel* (D. R. P. Nr. 166 613 und 166 614) füllt das Filter für Kraftgas mit Holzwolle, Roßhaare u. dgl. Dem Filter ist ein Wasserscheider vorgebaut.

Nach *F. Bruckert* (D. R. P. Nr. 219 302) wird das Gas nacheinander durch zwei Reiniger geführt, von denen der eine mit kaltem und der andere mit heißem Wasser arbeitet. Die Luft dringt durch Löcher in den ringförmigen Hohlraum *d* (Fig. 68) ein, wird hier vorgewärmt und strömt durch Rohre *x* in den ringförmigen, von dem Verdampfer *z* eingeschlossenen Hohlraum *y*. Die Rohrleitung *x* hat einen den Luftdurchtritt regelnden Hahn *1* und ein mit einem Hahn versehenes Zweigrohr *2*, durch welch letzteres der Wasserzufluß erfolgt. — Der in dem Hohlraum *y* gebildete Wasserdampf tritt gemischt mit der Luft durch eine Anzahl von Röhren *3* zu der auf dem Rost *s* ruhenden Brennstoffsäule. Durch einen Ventilator wird noch ein weiterer Luftstrom eingedrückt. — Das Gas steigt in dem Schachte *a* auf und tritt durch das Verbindungsrohr *5* in das von dem Mantel *7* umgebene, mit einer Schiebetür *8* versehene Rohr *6*. Von dem Rohr *6*, das unten durch ein Ablaßventil *10* geschlossen ist, zweigt ein Rohr *9* ab, welches das Gas in den Reiniger *o* leitet. Hierauf dringt das Gas durch einen durch die Öffnung *25* gespeisten Wasserverschluß und gelangt in die Drehtrommel *u*, aus der es durch den Rohrstutzen *14* entweicht. Es zieht hierauf durch das Rohr *15* in den von dem Mantel *7* umschlossenen Hohlraum, wo es durch

Berührung mit dem Rohr *6* erhitzt wird, und gelangt durch die Leitung *16* in den mit heißem Wasser arbeitenden zweiten Reiniger. Die Bauart dieses Reinigers stimmt mit der des Reinigers *o* überein, bis auf den Unterschied, daß hier kein Heißwasserableitungsrohr nötig ist, da das Wasser in Dampfform mit dem gereinigten Gas durch das Rohr *17* in den Trockenapparat

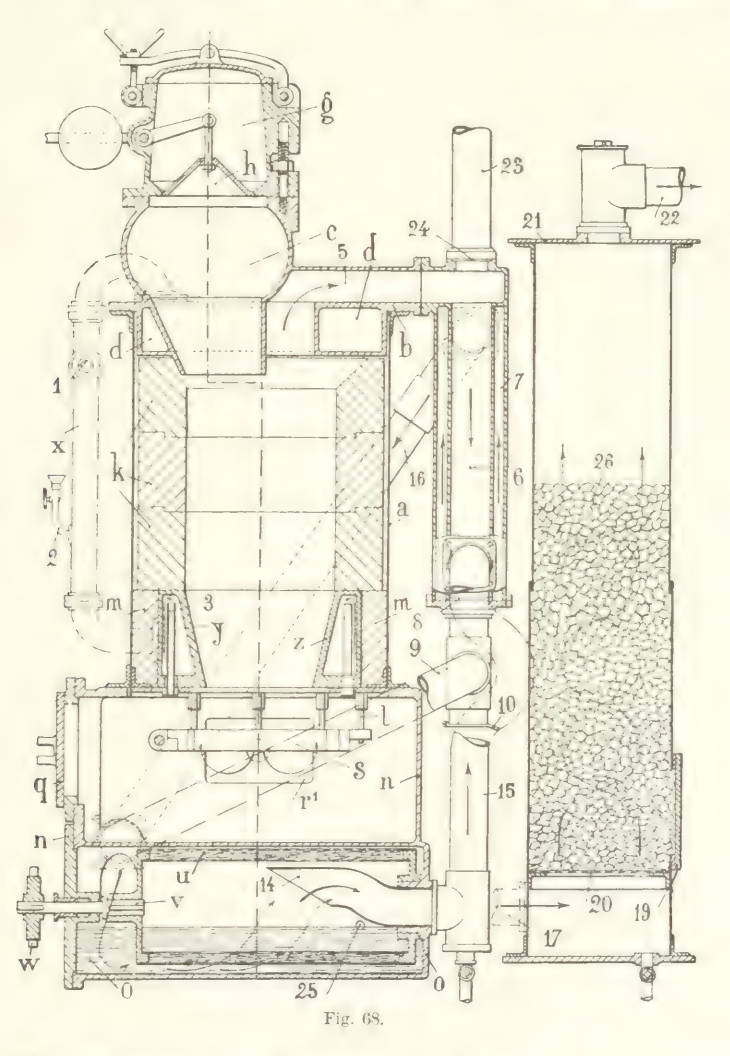


Fig. 68.

gelangt. Die Einrichtung des Trockenraumes besteht aus einer seitlichen, zur Entfernung des Trocknungsmaterials *26* dienenden Öffnung mit Tür *19* und aus einem dieses Material tragenden Rost *20* und aus einem abnehmbaren, mit einem die Verbindung mit dem Motor vermittelnden Rohre *22* versehenen Deckel *21*. Ein mit einer Schiebetür *24* versehener Schacht *23* ist auf den Apparat, am vorteilhaftesten am Ende des Ganges *5*, aufgesetzt.

Nach *Clasen & Merck* (D. R. P. Nr. 203 440) streichen die Gase, erforderlichenfalls nach Passieren von Koksfiltern, Skrubbern od. dgl., nacheinander durch Schichten von Alaun und Borax. Hierdurch werden den Gasen die schädlichen Beimengungen entzogen. Nach dieser Reinigung empfiehlt es sich, die Gase noch über Eisenvitriolstücke zu führen und dann unter Umständen über übermangansaures Kalium gehen zu lassen. Auch kann dem Alaun etwas übermangansaures Kalium zugefügt werden.

Chevalet[1] empfiehlt, die Gase nicht mit Wasser zu waschen, sondern mit Kreosotöl oder Anthracenöl, gleichgültig ob naphthalinhaltig oder nicht. Besser ist jedoch Anthracenöl, von etwa 250 bis 400° siedend, da es keine sauren Anteile enthält. Der Ölwäscher kann mit Koks beschickt sein, doch haben sich auch alle andern Arten Wäscher ebensogut bewährt, auch die mechanisch angetriebenen rotierenden Wäscher.

Zur Entfernung von Teer aus Gas führt *Burstall*[2] teerbenetzte Oberflächen dem Gas entgegen. Die Apparate gleichen einem Ventilator, durch den das Gas hindurchstreicht. Auf der Achse sitzen Bündel von Nickelstahldrähten. Dies harte Material ist erforderlich, da der Apparat mit großer Geschwindigkeit rotiert (etwa 1800 Umdrehungen in der Minute) und die Stahldrähte an den Enden eine Umfangsgeschwindigkeit von etwa 50 m in der Sekunde besitzen. Die Oberfläche der Drähte überzieht sich bald mit Teer und die fein verteilten Teerteilchen bleiben daran hängen. Der Überschuß wird ständig abgeschleudert und läuft in ein Sammelgefäß am unteren Teil des Bodens. Der Apparat ist verhältnismäßig klein; so kann ein Abscheider von 19 Zoll Durchmesser etwa 1000 cbm Gas in der Stunde reinigen und braucht dabei etwa 5 Pf. Ein solcher von 36 Zoll Durchmesser kann sogar 4000 cbm Gas in der Stunde von Teer befreien.

Nach *Hoffmann*[3] enthielt das Rohgas aus einem Generator[4] in 1 cbm 20 bis 22 g Teer, hinter dem Reiniger 0,1 g; das gereinigte Gas hatte folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	1,0
Kohlenoxyd	31,5
Schwere Kohlenwasserstoffe	0,4
Methan	2,5
Wasserstoff	11,8
Stickstoff	52,8

Auf der Ausstellung in St. Louis wurden Versuche mit amerikanischen bituminösen Kohlen im Taylor-Generator (S. 97) ausgeführt. Das Gas wurde durch einen Skrubber, dann durch Teerscheider und Eisenreiniger zur Gasmaschine geleitet. Zwei Kohlen ergaben z. B.:

---

[1] Journ. of Gaslight. 1909, 637.
[2] Journ. of Gaslight. 1909, 818.
[3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, 1975.
[4] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1883, 1263; 1885, 1266; 1887, 164.

Analyse der Kohle:	Kohle aus West-Virginia	Kohle aus Indiana
Wasser	1,99%	5,00%
Flüchtige Bestandteile	28,89	36,51
Fixer Kohlenstoff	60,30	49,98
Asche	8,82	8,51
Schwefel	0,79	1,43
Zusammensetzung des Gases:		
Kohlensäure	10,16%	8,25%
Sauerstoff	0,24	0,11
Kohlenoxyd	15,82	19,39
Wasserstoff	11,16	7,69
Kohlenwasserstoffe	3,74	4,92
Stickstoff	58,88	59,65
Gaserzeugung aus 1 k Kohle	4,97 cbm	3,22 cbm
Kohlenverbrauch im Generator für die effektive Pferdekraftstunde	0,45 k	0,68 k

Zur Beseitigung der Abwässerdünste bei Gasreinigern schließt die *Güldner Motoren-Gesellschaft* (D. R. P. Nr. 186 386) die Wassertöpfe der Reiniger an den Generator so an, daß bei jedem Saughub gleichzeitig mit dem Dampfluftgemisch die Dünste der Gaswässer angesaugt und im Generator verbrannt werden.

Hundeshagen und *Philip*[1] untersuchten zweimal die Abwässer aus der Vorlage, dem Skrubber und Wascher einer Mischgasanlage (mg im Liter):

	Vorlage		Skrubber		Wascher	
	I	II	I	II	I	II
Ammoniak	257,6	204,0	92,4	133,0	12,6	34,0
Kohlensäure	?	392,0	?	390,0	?	218,2
Cyanwasserstoff	Spur	2,7	14,6	12,4	6,0	7,2
Rhodanwasserstoff	—	—	Spur	Spur	—	—
Schwefelwasserstoff	12,5	8,3	22,0	25,4	Spur	10,6
Schwefelsaures Ammon	10,8	10,9	Spur	Spur	—	—
Unterschwefligsaures Ammon	21,3	16,0	26,1	14,0	15,6	Spur
Chlorammonium	Spur	Spur	Spur	Spur	—	—
Kohlenwasserstoffe, Phenole u. dgl.	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur

Das Wasser muß also vor dem Ablassen stark verdünnt werden.

Namentlich für kleinere Anlagen ist es oft vorteilhafter, statt der Reinigung des Gases die Teernebel und die schweren Kohlenwasserstoffe dadurch zu zersetzen, daß die Entgasungsprodukte durch glühenden Koks geleitet werden.

Schon *Ebelmen* leitete Mitte vorigen Jahrhunderts das in einem Schachtofen erzeugte teerhaltige Gas durch einen zweiten, mit glühendem Koks gefüllten Schacht[2].

[1] Zeitschr. f. angew. Chemie 1894, 80.

[2] Vgl. *Lendauchez:* Étude sur les combustibles (Paris 1878).

Nach *Thwaite* (D. R. P. Nr. 15 621) sind zwei Gaserzeuger $a\, a^1$ (Fig. 69) in der Weise miteinander verbunden, daß durch den einen a vermittels eines Dampfejektors b Luft hindurchgesaugt und die Kohle zur lebhaften Verbrennung gebracht wird, während die Produkte dieser Verbrennung zusammen mit dem Ejektordampf durch die weißglühende Kohle des anderen Gaserzeugers a^1 hindurchgedrückt werden. Ist die Temperatur des letzteren so weit heruntergegangen, daß der Wasserdampf durch die Kohle nicht mehr zersetzt wird, so wechselt man den Luft- und Gasdurchgang durch Umstellen der Ventile $c\, d$ um. — Entsprechende Vorschläge wurden auch von *Bull* (D. R. P. Nr. 28 457), *Berner* (D. R. P. Nr. 78 452) u. A.[1] gemacht.

Nach Angabe der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 104 577) zeigt Fig 70 zwei miteinander verbundene Generatoren G_1 und G_2, von denen der

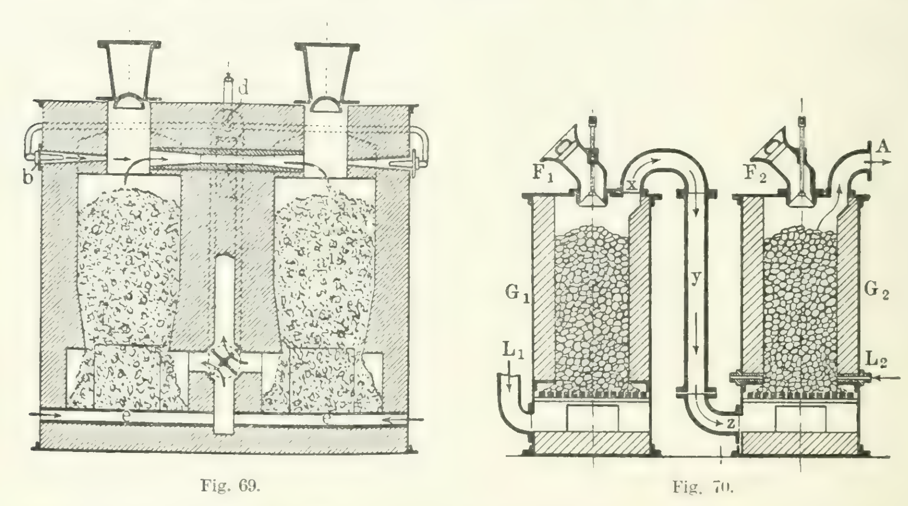


Fig. 69. Fig. 70.

erste mit bituminöser Kohle, der zweite mit Koks (oder Anthrazit) beschickt wird. Im Beharrungszustande befindet sich im ersten Generator im unteren Teile glühender Koks, darüber Kohle, im Generator G_2 in der ganzen Höhe des Schachtes glühender Koks. Wird nun in dem ersten Generator durch L_1 Luft mit oder ohne Zusatz von Wasserdampf eingeblasen, so bildet sich beim Durchziehen der Koksschicht ein aus Kohlenoxyd, Stickstoff und etwaigem Wasserstoff bestehendes Generatorgas, welches die obere Kohlenschicht zur Rotglut erhitzt, die Destillationsprodukte der Kohle austreibt und die Kohle in Koks verwandelt. In dem Maße, wie der Koks über dem Roste abbrennt, wird durch die Füllöffnung F_1 frische Kohle nachgefüllt, die sich dann allmählich wieder in Koks verwandelt. Die Destillationsprodukte treten gemischt mit dem Generatorgase durch die Öffnung x aus dem Generator aus und gelangen durch das Verbindungsrohr y und die Eintrittsöffnung z unter den Rost des zweiten Generators G_2, den sie von unten nach oben

[1] Vgl. Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1889, 106; 1890, 193; 1895, 89.

durchstreichen. Gleichzeitig strömt an einer beliebigen Stelle im unteren Teile des Generators durch die Düsen L_2 Luft ein. Im Generator G_2 werden nun die Destillationsprodukte unter Gegenwart von Luft in Wasserstoff und Kohlenoxyd umgesetzt, indem zunächst im unteren Teile des Ofens die Destillationsprodukte und der Koks des Ofens zu Wasser und Kohlensäure verbrennen, die im oberen Teile des Ofens zu Kohlenoxyd und Wasserstoff reduziert werden. Das Endprodukt entweicht durch den Austrittsstutzen A. — Man kann die beiden Generatoren auch übereinander anbringen.

Nach *J. Maly* (D. R. P. Nr. 196 697) steht der Generator A_1 (Fig. 71), in welchen die Brennstoffe aufgegeben sind, mit einem Generator A_2, welcher mit Anthrazit od. dgl. gefüllt ist, in Verbindung. Die Verbindungsleitung a beider Generatoren mündet in den Generator A_2 bei b oberhalb der Luftzuführung c, welche bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel in den Rostraum führt. Zweckmäßig endigt die Leitung a in einem Ringkanal r, der durch die Öffnung b mit dem Generatorraum in Verbindung steht. Die in dem Generator A_2 sich entwickelnden Gase ziehen durch eine Leitung d ab, welche in dem Generatorraum in verschiedener, dem entsprechenden Zweck angepaßter Höhe endigen kann. So z. B. kann die Eintrittsöffnung der Leitung d sich in der Brennstoffsäule

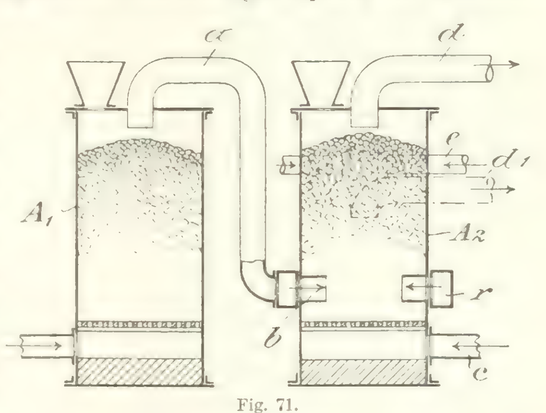


Fig. 71.

selbst, wie durch punktierte Linien angedeutet ist, befinden, so daß also das Ende der Ableitung d in die Brennstoffsäule hineinragt; oder die Abzugsleitung kann in einem gekrümmten Rohr d_1 bestehen, welches seitlich aus dem Generator A_2 herausgeführt ist. Um Luft von oben in den Generator A_2 einführen zu können, sind entsprechende Luftleitungen c angeordnet, die oberhalb der Gasentnahmestelle, also oberhalb der Öffnung der Leitung d münden. — Eine derartige Verbindung von zwei getrennten Räumen mit verschiedenen Brennstoffen ist doch etwas lästig.

Die Zuführung des Brennstoffes von unten in die Feuerung ist bei Dampfkesselfeuerungen längst versucht. In entsprechender Weise wird von der *Underfeed Stoker Comp.* (D. R. P. Nr. 115 105) die frische Kohle unterhalb der Luftzuführung in den Gaserzeuger eingeführt[1].

Nach *A. Ronay* (D. R. P. Nr. 148 854) werden die Kohlen durch Schnecken *4* (Fig. 72) zugeführt. Die Luft tritt bei *3* unter den Kegelrost *2*,

[1] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1901, 131.

das Gas entweicht durch Rohr *1*. Öffnungen *6* gestatten die Beobachtung der Vergasung. Durch verschließbare Öffnungen *7* und *8* können Schlacke und Asche entfernt werden. Nach einem zweiten Vorschlage wird die Luft von oben, die Kohle von unten zugeführt, das Gas seitlich abgeführt.

Fig. 72. Fig. 73.

Nach *Kitson* (D. R. P. Nr. 108 183 und 109 777) werden die frischen Kohlen seitlich in halber Höhe der Brennstoffschicht eingeführt.

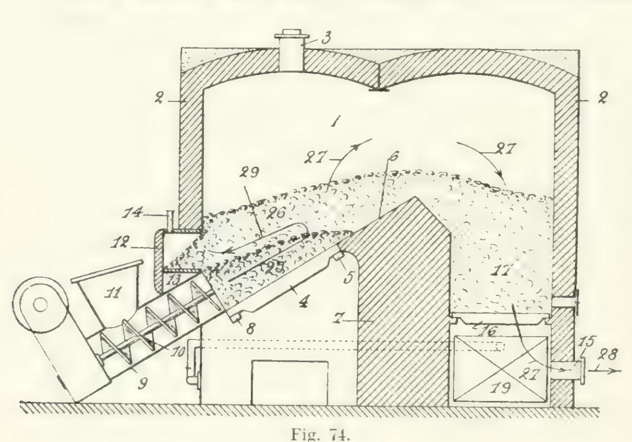


Fig. 74.

Nach *L. Boutillier* (D. R. P. Nr. 170 406) wird das Feuer in dem Schacht *1* (Fig. 73) angezündet, dann wird der Brennstoff durch Schnecke *15* oder Rohr *17* zugeführt und im Schacht *9* entgast. Das Luft-Dampfgemisch wird durch *7* unter den Rost *6* geführt, das Gas entweicht durch Ansatz *3*.

Nach *Boutillier & Co.* (D. R. P. Nr. 173 651) ist im Innern des Feuerraumes *1* (Fig. 74) ein geneigter Rost *4* angebracht, dessen hinteres Ende am tiefsten Punkte einer geneigten Herdsohle *6* auf einer Unter-

lage *5* ruht. Die geneigte Herdsohle wird durch die obere Fläche einer quer über die ganze Breite des Feuerraumes angebrachten Mauer *7* gebildet. Der Vorderrand des Rostes *4* ruht auf einer Unterlage *8*, welche in der Höhe des tiefsten Punktes der Ausmündung eines geneigten Rohres *9* angebracht ist, so daß dieses Rohr auf dem Rost *4* des Feuerraumes *1* ausmündet. Im Rohre *9* ist eine Förderschnecke *10* angebracht, über deren unterem Ende sich ein Aufgabetrichter *11* für Torf oder Steinkohle befindet. — Der Vorderteil des Gaserzeugers ist mit einer Tür *12* versehen, welche die Beobachtung des Verbrennungsprozesses und den Zugang zu einer Platte *13* gestattet, welche in horizontaler Lage längs der ganzen Breite des Feuerraumes *1* in der Höhe des höchsten Punktes der Ausmündung des Rohres *9* hinläuft. Diese Platte dient dazu, den Brennstoff aufzunehmen, welcher auf der Böschung des den Rost *4* und die Herdsohle *6* bedeckenden Brennmaterials herabgleitet. Oberhalb dieser Platte *13* ist ein Rohrstutzen *14* angebracht, welcher in die unter gewöhnlichen Umständen durch die Tür *12* verschlossene Öffnung einmündet und zum Einbringen eines Gemenges von Luft und Wasserdampf in diesen Teil des Gaserzeugers dient. Am hinteren Ende ist der Gaserzeuger mit einem am Unterteile angeordneten Rohrstutzen *15* versehen, oberhalb dessen ein über die ganze Breite des Raumes *17* zwischen der Quermauer *7* und der hinteren Mauer des Feuerraumes reichender Rost *16* angebracht ist. Das gebildete Gas bewegt sich in der Richtung der Pfeile *27* und entweicht durch Stutzen *28*.

Diese „Maulwurfgeneratoren" werden wenig Beifall finden.

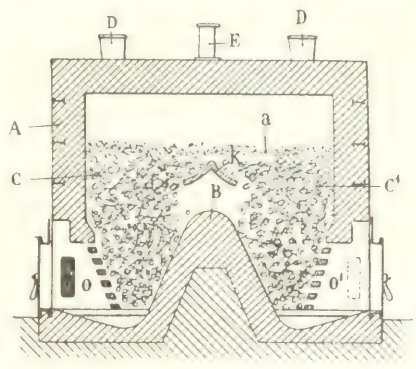


Fig. 75.

Nach *David* (D. R. P. Nr. 176 232) ist über der Scheidewand *B* (Fig. 75) eine Zwischenwand *K* angeordnet, welche die verkokende Kohlenschicht tragen soll. Die Luft mit Wasserdampf wird bei *O* eingeführt, das Gas entweicht bei *O'*. Wenn nach einer gewissen Betriebsdauer der in der Kammer C^1 befindliche Brennstoff durch die für die Zersetzung der flüchtigen Bestandteile aufgewendete Wärmeabgabe abgekühlt ist, wird die Richtung des Gasstromes durch Ventile gewechselt, so daß dann die frische Luft durch die Öffnung O^1 eingeführt wird, während die brennbaren Gase durch die Öffnung *O* abgeleitet werden. — Auch nach *Dowson* (D. R. P. Nr. 118 161) durchziehen die Gase die Kohlen in wagerechter Richtung.

Zur Erzeugung eines teerfreien Kraftgases aus backender Steinkohle, in Gaserzeugern, bei welchen der Brennstoff vor Eintritt in den Vergasungsschacht verkokt wird, wird nach *L. Wesselsky* (D. R. P.

Nr. 217 509) der Brennstoff in besonderen Zellen oder Formen verkokt. Es nimmt z. B. der in Zellen geteilte Wanderrost *10* (Fig. 76) den Brennstoff aus einem Schüttrumpf *11* auf und schüttet die entstandenen Koksformlinge selbsttätig in den Generatorschacht *6* aus. Die Bewegung solcher Wanderzellenroste kann erfolgen durch einen schwingenden Hebel *12* mit angelenkter Sperrklinke *13*, welche in ein auf der Trommelachse sitzendes Sperrad *14* eingreift. Die schwingende Bewegung kann dem Hebel *12* einerseits durch ein Seil *15*, welches an einer Kurbel angreift, andererseits durch ein Gegengewicht erteilt werden. — Zur Regelung kann beispielsweise eine Membran *21* Verwendung finden, welche derart über ein mit der Gasableitung verbundenes Gefäß gespannt ist, daß unter der Membran der jeweilige, von der Größe der jeweiligen Gasproduktion abhängige, in der Gasleitung *20* herrschende Druck wirksam ist, während die Oberseite der Membran dem jeweiligen allgemeinen Luftdruck ausgesetzt ist. Die Membran *21* steht ferner unter der Einwirkung einer Feder oder eines Gewichtes, welches entgegengesetzt auf die Membran wirkt als wie der Gasdruck. Beim Betrieb von Sauggasmotoren wird die Bewegung der Membran *21* mittelbar zur Bewegung des Rostes nutzbar gemacht, indem beispielsweise die Bewegungen der Membran *21* durch Vermittlung eines Winkelhebels *22* zur Verschiebung des Angriffspunktes *18* des Zugseiles *15* auf dem Hebel *12* und somit zur Regelung des Rostvorschubes dienen, da letzterer von der Lage des Angriffspunktes *18* des Seiles *15* auf den Hebel *12* abhängig ist. — Ob sich diese Einrichtung praktisch bewährt?

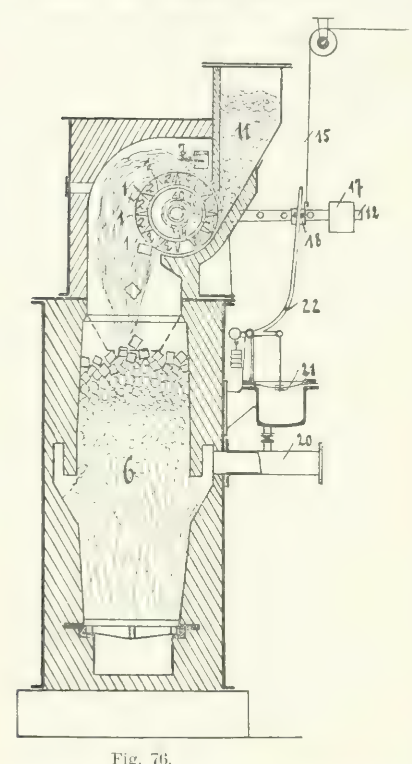


Fig. 76.

Nach *G. Schimming* (D. R. P. Nr. 208 525) wird die Kohle aus dem Behälter *B* (Fig. 77) durch das Schleuderwerk *C* gleichmäßig und ununterbrochen auf die Oberfläche der Brennmaterialschicht im Gaserzeuger *A* aufgegeben. Der Wind strömt durch die Leitung *D* zu und wird periodisch durch den Schieber *E* abgesperrt. Sobald *E* geschlossen ist, hebt sich der Kolben *F* in dem Zylinder *G* und saugt die Vergasungsprodukte aus der Schicht *H* in die Entgasungsschicht *J* zurück; bei sinkendem Kolben *F* und geöffnetem Schieber *E* treten die heißen Erzeugnisse wieder nach *H* zurück und tritt Verbrennungsluft durch *J* nach *H*. Das erzeugte Gas

tritt bei *K* aus dem Brennstoff und wird durch die Gassammelrohre *L* fortgeleitet. — Zweifelhaft.

Nach *C. Siemens* (Engl. Pat. Dezember 1864) öffnet sich die mit Fülltrichtern *n* (Fig. 78) versehene Retorte *R* unten in den Generatorraum *G* und hält denselben mit Koks gefüllt. Die glühenden Generatorgase umspülen die Retorte und bewirken so die Entgasung der darin befindlichen Steinkohle. Steinkohlengase und Teerdämpfe müssen ebenfalls unten aus der Retorte entweichen, womit zugleich eine teilweise Zersetzung der Wasserdämpfe und des Teers erreicht wird.

Ähnlich sind die Vorrichtungen von *Lürmann* (D. R. P. Nr. 549, 12 432 und 17 666), *F. Siemens* (D. R. P. Nr. 69 651), *Krupp* (D. R. P. Nr. 13 282)

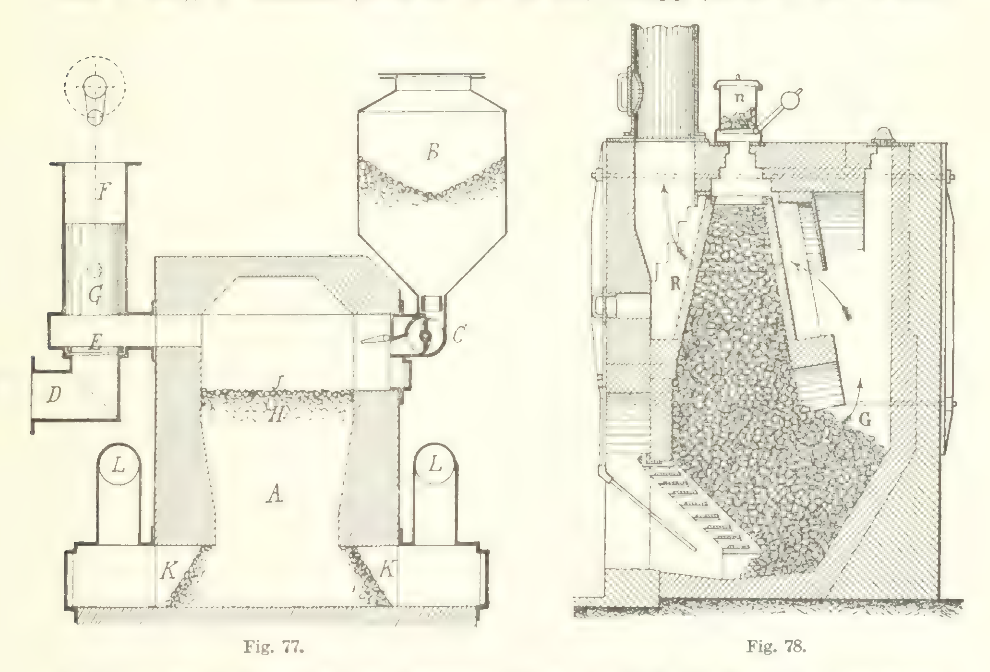


Fig. 77. Fig. 78.

u. A.[1]. — Ferner sei auf die Vorschläge von *Freund* (D. R. P. Nr. 169 127), *Besemfelder* (D. R. P. Nr. 115 070, 126 729, 134 275), *Versen* (D. R. P. Nr. 199 715 und 210 355), *Schlüter* (D. R. P. Nr. 138 304), *Saurer* (D. R. P. Nr. 175 412), *Hille* (D. R. P. Nr. 168 390), *Bickerton* (D. R. P. Nr. 207 824) und *Schmidt* (D. R. P. Nr. 183 915) verwiesen.

L. Mond[2] zersetzt die Teerdämpfe im Ofen und hält die Temperatur des Generators dadurch niedrig, daß er einen Teil der Abgase der Gasmaschine

---

[1] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 296 u. 300.

[2] Journ. Chem. Soc. Ind. 1889, 505; Fischers Jahresber. 1887, 189; 1901, 138; 1902, 99; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1901, 1593.

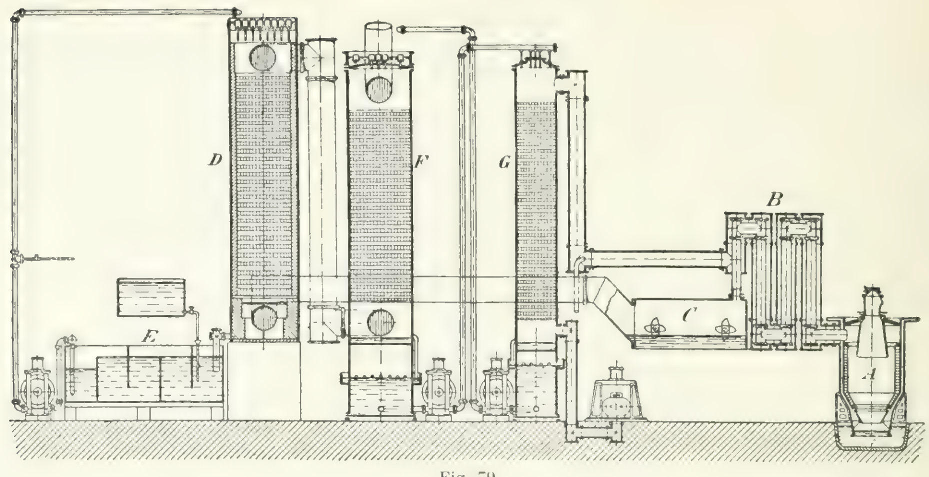


Fig. 79.

wieder einbläst. Die Gaserzeuger *A* (Fig. 79 und 80), mit Schamottesteinen ausgesetzte Schachtöfen mit korbartigem Roste *a*, welcher bis unter dem Spiegel des Wasserbeckens *b* herabsinkt, werden bis über den unteren Rand der Glocke *c* mit Brennstoff gefüllt erhalten. Der Brennstoff wird von dem Rumpfe *d* aus zugeführt; die Beschickung beträgt 400 bis 500 k für einen Erzeuger, der 20 bis 24 t Kleinkohle in 24 Stunden verarbeitet. Die Asche fällt in das Wasserbecken und wird aus diesem mit der Schaufel entfernt, Luft und Dampf strömen durch den den Ofen umgebenden Ringraum *e* unter den Rost. Da große Dampfmengen angewendet werden, in Winnington etwa das $2^1/_2$fache des Brennstoffgewichtes, so bleibt die Temperatur im Ofen ziemlich niedrig; deshalb backt der niedersinkende Brennstoff nicht zusammen, sondern Luft und Dampf durchströmen gleichmäßig die Kohlensäule. Da die Glocke *c* den frischen Brennstoff enthält, so wird dieser schon innerhalb dieses Raumes entgast; die entwickelten Gase sind gezwungen, durch die heiße Zone des Ofens zu ziehen, und das entwickelte Gas entweicht mit großem Überschuß an Wasserdampf bei *f* nahezu teerfrei. Das Gas durchstreicht die inneren Rohre des Gegenstromkühlers *B*, durch dessen äußere Rohre Dampf und Luft

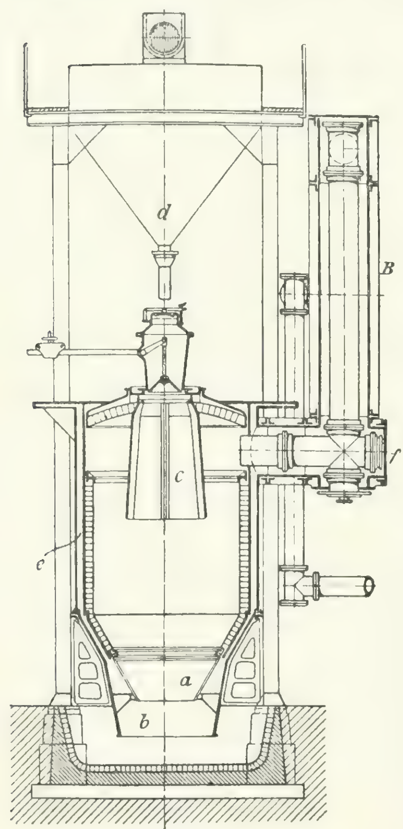


Fig. 80.

geblasen werden, so daß ein Wärmeaustausch stattfindet und das Gas einigermaßen abgekühlt in den Wäscher *C* tritt. Das Gas wird nun im Wäscher mit Wasser gemengt, welches von zwei Schlägerwellen zerstäubt wird. Die Temperatur des Gases wird durch die dabei stattfindende Verdampfung auf etwa 90° herabgebracht. Das Gemisch von Gas und Dampf gelangt nun in den Säureturm *D*, ein mit Blei verkleideter, mit Ziegelsteinen ausgesetzter Schacht, der mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, die überschüssige Schwefelsäure enthält, berieselt wird. In diesem Schachte wird das Ammoniak gebunden, die Lösung reichert sich an. Sie wird, unten angekommen, wieder aufgepumpt, aber man hält sie immer auf gleicher Dichte, indem man eine entsprechende Menge abzieht und frische Schwefelsäure zusetzt. Aus dem Lösungsbehälter *E* wird das schwefelsaure Ammoniak nach Eindampfen gefördert und dann in Krystallen abgeschieden. Da ein wenig Teer immer noch mitgeht, so ist das Sulfat etwas grau gefärbt. Aus dem Säureturme gelangt das Gas in einen zweiten Schacht *F*, der gleichfalls mit Ziegeln ausgesetzt ist. Hier strömt ihm Kühlwasser entgegen; es wird also hier der Dampfüberschuß niedergeschlagen, das Gas abgekühlt und der Stelle seiner Verwendung zugeführt, nachdem es noch durch Filter, welche mit Sägespänen gefüllt sind, geleitet worden ist. Der Inhalt dieser Filter wird höchstens einmal monatlich erneuert. — Das warme Rieselwasser sammelt sich unten im Kühlturme und wird auf einen dritten, den Luftturm *G*, gepumpt. In diesem strömt ihm die von einem Gebläse gelieferte Betriebsluft entgegen. Sie erwärmt sich und sättigt sich mit Dampf. Das kalte Wasser wird unten gesammelt und auf den Kühlturm zurückgepumpt, die vorgewärmte und gesättigte Gebläseluft aber durchströmt die Gegenstromvorrichtung *B*, nachdem ihr vorher noch der nötige Dampfüberschuß zugesetzt ist. — Bei der Inbetriebsetzung eines Gaserzeugers muß 2 bis 3 Tage angeheizt werden. Man beginnt mit Holzabfällen und Koks und fügt allmählich Kleinkohle zu. Das Gas läßt man bei schwachem Blasen so lange entweichen, bis es 30% brennbare Bestandteile enthält. Ein so in Betrieb gekommener Erzeuger geht ein ganzes Jahr ununterbrochen. Will man ihn, wenn man weniger Gas gebraucht, zeitweilig außer Betrieb setzen, so füllt man ihn reichlich hoch mit Brennstoff, vermindert das Blasen, bis sich das erste Rohr des Gegenströmers mit Wasser abschließt, und läßt das Gas unmittelbar entweichen. Ein so still gesetzter Erzeuger hält das Feuer bis 2 Wochen lang und kann alsbald wieder in Tätigkeit treten. — In Winnington angestellte Versuche ergaben, daß, bezogen auf 1 t Brennstoff, 3000 k Luft in den Luftturm geblasen werden, welche hier 1000 k Dampf aufnehmen und sich auf 70° erwärmen (vgl. S. 88). Diesem Gemische werden unterwegs noch 1500 k Dampf zugesetzt, so daß also 5500 k mit 85° in den Gegenströmer treten, den sie mit 250° verlassen. Im Gaserzeuger vermehrt sich die Menge auf 6500 k, bestehend aus 4500 k Gas und 2000 k Dampf; die Temperatur steigt auf 450°. Im Gegenströmer verringert sich diese auf 280°, im Wäscher auf 90°, während hier noch 750 k Dampf entstehen, so daß 7250 k Gemisch, bestehend aus 4500 k Gas und 2750 k Dampf, in den Säureturm übertreten.

Der Dampfgehalt beträgt also jetzt 38%, das Gemisch ist demnach nicht gesättigt. Das ist wichtig, weil sich sonst im Säureturme Wasser ausscheiden und die Lösung verdünnen würde, was vermieden werden muß. Im Säureturme sinkt die Temperatur um etwa 10°, also auf 80°, im Kühlturme weiter auf 65°, während 1500 k Dampf niedergeschlagen werden. Der Kühlturm liefert also 5750 k nasses Gas, welches etwa 1250 k, also 22% Dampfgehalt zeigt. Das entspricht fast genau dem Sättigungszustande, der 20% verlangen würde. — Das Kühlwasser tritt mit 50° in den Kühlturm und verläßt ihn mit 80°, um im Luftturme wieder auf 50° gebracht und mit dieser Temperatur zurückgepumpt zu werden. Die Lösung im Ammoniakturme wird nur wenig erwärmt, sie hat etwa 80°. Das entstandene trockene Gas bestand aus:

Methan	2,5%
Wasserstoff	26,4
Kohlenoxyd	10,2
Kohlensäure	16,3
Stickstoff	44,6

1 k Kohle (7,5% Asche und 7,3% Wasser) lieferte 4,43 cbm Gas; bei der schlechten Beschaffenheit der zur Herstellung des Mondgases benutzten Kohle muß das Ergebnis als befriedigend bezeichnet werden. — Außer dem Gase gewinnt man in Winnington noch 44 k Sulfat von 1 t Brennstoff. Da das Sulfat 24 bis 25% Ammoniak enthält, so entfallen auf die Tonne Brennstoff ungefähr 10 k NH_3. — Bei Verwendung schlechterer Kohle bestand das trockene Gas aus:

Methan	2%
Wasserstoff	29
Kohlenoxyd	11
Kohlensäure	16
Stickstoff	42

Die Beschickung des Gaserzeugers, bezogen auf 1 k feuchte Kohle, bestand aus:

0,914 k trockener Kohle,
0,086 „ Feuchtigkeit,
0,840 „ Dampf vom Turme,
1,334 „ frischem Dampf,
2,526 „ Luft.

Das Ergebnis war 3,82 cbm trockenes Gas und 0,01 k Ammoniak. Von der gesamten Wassermenge, 2260 k, wurden 0,534 k, also 23,6%, zersetzt, der Rest ging also als Dampf durch und wurde größtenteils im Kühlturme niedergeschlagen.

Nach einem ferneren Vorschlage von *L. Mond* (D. R. P. Nr. 136 884) wird der obere Teil des Gaserzeugers durch zwei Wände *g* (Fig. 81) in die drei Abteilungen *h* und *i* geteilt, die auf Gewölben *t* ruhen. Dieselben erstrecken sich bis zu einer gewissen Entfernung nach unten in den Gaserzeuger. Das Gas wird aus dem Gaserzeuger durch die mittlere Abteilung *i* und das Ableitungsrohr *s* abgeführt. Das Brennmaterial wird durch die Trichter *j*

Nach *Bormann* (D. R. P. Nr. 207 429) besitzt der Generator *a* (Fig. 109) oben einen Fülltrichter *b* und unten einen Rost *d*. Die obere Öffnung *c* dient zur Einführung der erforderlichen Verbrennungsluft. Unmittelbar unter dem Rost ist das kastenförmige weite Rohr *w* angeordnet, welches durch eine Rohrleitung *v*, *k* mit dem Dampfsammelraum eines Dampfkessels *i* in Verbindung steht. Das senkrecht geführte Rohr *w* mündet oben zwischen den Stäben des Rostes *d* und ist mit seinem unteren Ende in den mit Wasser gefüllten Aschenfall *e* eingetaucht, so daß es unter Wasserverschluß steht. Der Abzugskanal *f* für die im Generator erzeugten brennbaren Gase hat die Form eines den unteren Teil des Generatorschachtes ringförmig umgebenden Schlitzes. Er wird gebildet durch die beiden übereinanderliegenden Hälften des Dampferzeugungsbehälters *g*, die ihn als ringförmigen Schlitz zwischen sich frei lassen, der nach außen zunächst ansteigt und dann senkrecht abfällt und in den Sammelraum *h* übergeht.

Der Gaserzeuger von *Schreben & Krudewig* (D. R. P. Nr. 169 684) hat einen Füllschacht *d* (Fig. 110) mit Verlängerung *c*. Bei Inbetriebsetzung wird zunächst durch die Leitung *f* das Luft- und Dampfgemisch unter dem Rost eingeführt und die Gase ziehen durch das Rohr *g* ab. Ist der Gaserzeuger genügend angeblasen, so wird durch Umstellen des Dreiweghahns *h* die Leitung *i* mit der Rostleitung verbunden und das Luft- und Dampfgemisch tritt nunmehr von oben in den den Teil *c* des Füllschachtes ringförmig umgebenden Raum *k* ein, durchzieht den Füllschacht von oben nach unten, und die Gase werden über dem Rost *e* durch die Leitung *m* abgesaugt. Die Mündung der Leitung *m* liegt dabei zweckmäßig über der Unterkante des Füllschachtes *d* und ist zur Vermeidung des Mitreißens unreiner Bestandteile mit einer Scheidewand m^1 versehen. — Die Seitenwandungen *o* des Raumes *n* unter dem Roste *e* sind schräg ansteigend und bilden in der Mitte einen Kanal *p*, der in der Richtung der Roststäbe verläuft. Dieser Kanal *p* mündet in das am Außenmantel des Gaserzeugers anschließende Ablaufrohr *q*, dessen vorderes umgebogenes Mundstück q^1 in einen Wasserbehälter *t* hineinragt. Im Kanal *p* selbst ist eine Förderschnecke *r* untergebracht, deren Lager r^1 am Außenmantel des Gaserzeugers befestigt sind. Mittels einer Kurbel *s* kann die Schnecke *r* von außen in Drehung versetzt werden und fördert die im Kanal *p*

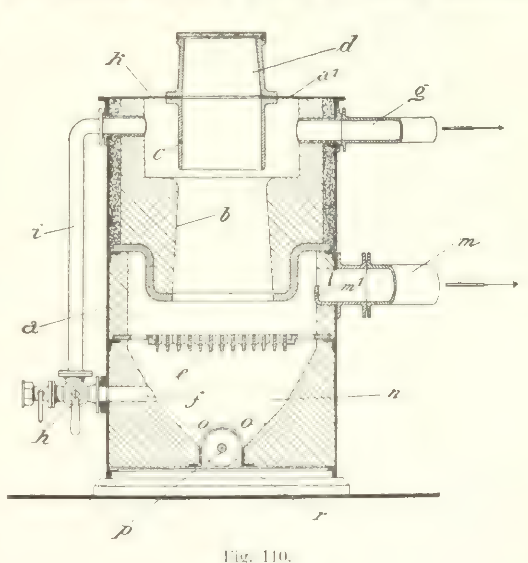


Fig. 110.

angesammelte Asche unter Vermeidung von Luftzutritt durch das Ablaufrohr q in den Wasserbehälter t (vgl. S. 99).

Rostloser Gaserzeuger, besonders für bituminöse Brennstoffe, mit in der Mittelachse des Vergasungsschachtes in der heißesten Zone oder unter dieser liegendem Gasabzug der *Aktiengesellschaft Görlitzer Maschinenbau-Anstalt* (D. R. P. Nr. 177 988) ist dadurch gekennzeichnet, daß um den Gasabzug ein Luft- oder Wasserbehälter so angeordnet ist, daß die Luft erwärmt wird und durch einen Kanal n (Fig. 111) in den Brennschacht strömt.

Bei der Gaserzeugung aus bituminösen Brennstoffen der *Maschinenbau-Anstalt Humboldt* (D. R. P. Nr. 153 840 und 166 868) wird, nachdem frischer Brennstoff aufgegeben worden ist, Luft so durchgeblasen, daß dieselbe nur einen kurzen Weg innerhalb des Brennstoffes an den beiden Enden oder tiefsten Teilen des Gaserzeugers zurückgelegt und daselbst sehr hohe Temperaturen entstehen. Hierauf wird zunächst Dampf so durch die ganze Länge beider Gaserzeugerhälften durchgeführt, daß der Dampf bei dem einen Wärmezentrum eintritt und Wassergas durch das andere Wärmezentrum austritt, nachdem es zuvor beim Übertritt über die Scheidewand oder den höchsten Teil der Gaserzeugersohle den frischen Brennstoff durchströmt hat. Sobald auf diese Weise die sich zuerst entwickelnden schweren Kohlenwasserstoffe ausgetrieben sind, welche beim Austritt in nicht kondensierbare brennbare Gase umgewandelt werden, geht man zur zweiten Gasperiode über, welche darin besteht, daß man durch beide Wärmezentren zugleich Dampf einführt und das gebildete Wassergas an der Decke des Gaserzeugers, unmittelbar nachdem es die frische Beschickung durchströmt hat, ableitet. Dadurch wird der Rest des Bitumens, welcher hauptsächlich aus den leichten Kohlenwasserstoffen, sowie Wasserstoff und Kohlenoxyd besteht, ausgetrieben und unzersetzt von dem Wassergas mitgenommen, welches dadurch eine Bereicherung erfährt. Eine besondere Reinigung dieses Gases soll nicht oder nur in geringem Umfange erforderlich sein (?).

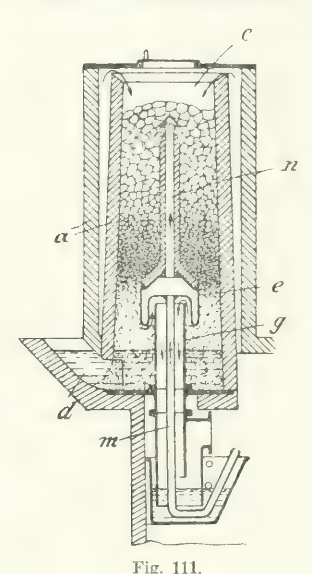


Fig. 111.

Einfacher ist das Absaugen der Gase in der Mitte, damit die Entgasungsprodukte die Glutzone durchstreichen müssen. Derartige Vorrichtungen wurden bereits von *C. Siemens* (D. R. P. Nr. 16 223, 20 726 und 26 094), *Pütsch* (D. R. P. Nr. 19 844), *Nehse* (D. R. P. Nr. 6015, 8668 und 12 761), *Kasalowsky* (D. R. P. Nr. 2697 und 5163), *Olschewsky* (D. R. P.

Nr. 15 147), *Gormann* (D. R. P. Nr. 2155), *Brook & Wilson* (D. R. P. Nr. 5588) u. A.[1] vorgeschlagen bzw. gebaut.

Nach *Thwaite*[2] werden die durch Trichter *a* (Fig. 112) aufgegebenen Kohlen im oberen Teile des Generators entgast, so daß dadurch seitlich eine Leuchtgasflamme gespeist werden kann, der Koks wird unten vergast. Der heißeste Teil des Generators ist mit einem Mantel *e* umgeben, in welchem die zur Vergasung erforderliche Luft vorgewärmt, dann von dem Dampfstrahlgebläse *d* angesaugt und unter den Rost *r* getrieben wird. Das gebildete Mischgas entweicht bei *n* in das Rohr *G*.

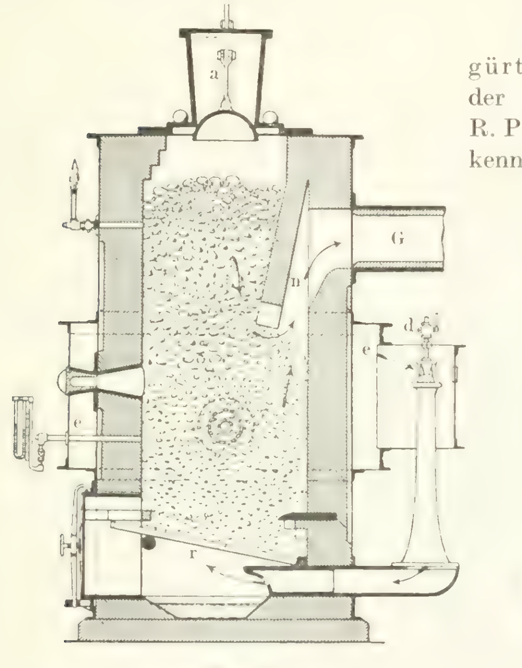


Fig. 112.

Gaserzeuger mit Gasabzugsgürtel an oder über der Feuerzone der *Dresdener Gasmotorenfabrik* (D. R. P. Nr. 212 505) ist dadurch gekennzeichnet, daß dieser am Abzugstutzen *a* (Fig. 113) den größten und an der entgegengesetzten Seite den geringsten Querschnitt hat.

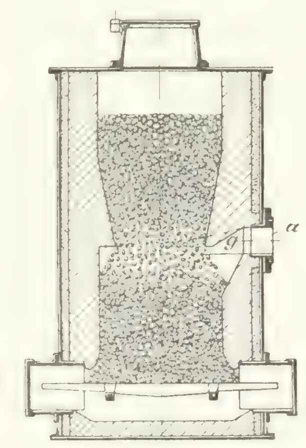


Fig. 113.

Nach *Fleischer* (D. R. P. Nr. 170 050) ist der gemauerte Ofenkörper *a* (Fig. 114) unterhalb mit einem Rost *b*, einer Luftzuführung *c*, gegebenenfalls einer Wasserzuführung oder einer Verdampfschale *d* und mit einem Aschenloch *f* versehen. Durch das Rohr *g* werden die Verbrennungserzeugnisse abgesaugt, und zwar aus dem Ringkanal *h*, welcher über der Brennstoffböschung *k* in dem Gaserzeuger vorgesehen ist. In dem oberen Teil des Gaserzeugers ist der Ring *m* in seiner Höhenlage verstellbar eingesetzt und oberhalb mit einem Dach *n* zugedeckt, und seitlich (jedoch über der frischen

[1] Vgl. *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 305.
[2] Industries 1890.

Kohle) mit Schlitzen p versehen, durch welche die Luft in den von dem Ringe umschlossenen Raum eintreten kann. Die Kohle wird um ihn herum in den Ringraum q eingefüllt, welcher nach oben offen bleibt, so daß die Luft zur frischen Kohle nur von oben Zutritt hat und etwa zusammenbackende Kohle auch leicht aufgestochert werden kann. Unter dem unteren Rand r des Ringes bildet sich der trichterförmige Krater s, in welchen die Sekundärluft eintritt und in der Pfeilrichtung die Kohle durchzieht und die in dem oberen Teile derselben gebildeten Verbrennungs- und Destillationserzeugnisse zu beständigen Gasen verbrennt, die auf ihrem weiteren Wege durch den glühenden Koks im wesentlichen in Kohlenoxyd und Wasserstoff (nebst Stickstoff) verwandelt werden.

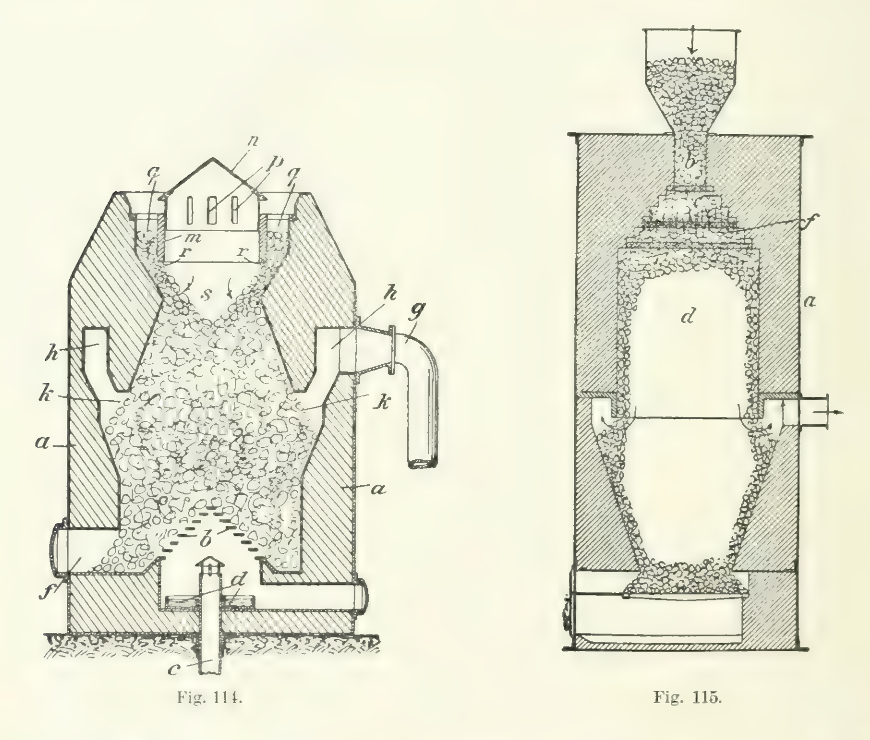


Fig. 114. Fig. 115.

Nach *W. Stremme* (D. R. P. Nr. 171 052) benutzt man den obersten, den Brennstoff zuführenden Teil b (Fig. 115) des Generatorschachtes a zugleich als obere Luftzuführungsöffnung und führt diesen Schachtteil b so eng aus, daß auch bei der geringsten Belastung des Generators in diesem Schachtteil die kritische Geschwindigkeit nicht unterschritten werden kann. Von da ab wird der Schachtquerschnitt bei c nach unten zu treppenförmig oder gleichförmig erweitert, bis er in seinem mittleren Teile bei d einen Querschnitt erreicht, welcher so groß ist, daß die bei der größten Belastung des Generators vorkommende Luftgeschwindigkeit in diesem weitesten Schachtteil die kritische Geschwindigkeit nicht überschreitet.

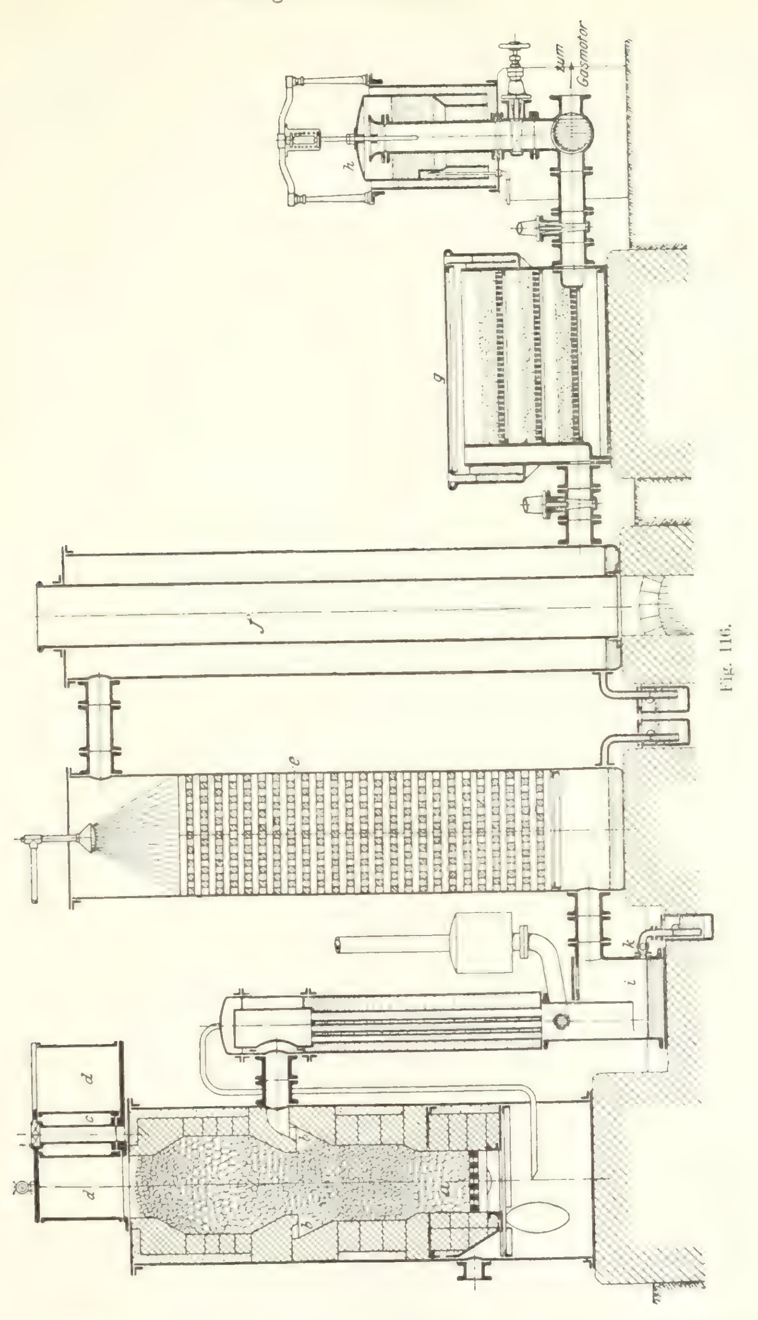


Fig. 116.

Der Gaserzeuger von *Julius Pintsch*[1] ist so ausgemauert, daß das Gas unterhalb der oberen Rast bei *b* (Fig. 116) abgesaugt wird; der darüber be-

[1] Glasers Annalen 1902, 27.

findliche Schacht dient als Vorratraum. Die Beschickung geschieht unter Luftabschluß durch einen aus zwei Gefäßen gebildeten, um die Achse *c* drehbaren Füllapparat *d*. Der Rieseler *e* ist mit Steinen ausgesetzt; ihm folgen noch ein sog. Kondensator *f*, in dem das nasse Gas mitgerissenes Wasser und damit auch Schmutz und Teer abscheidet, ein Sägespänereiniger *g* und ein Druckregler *h*. Der Abschlußtopf *i* zwischen Erzeuger und Rieseler tritt in Tätigkeit, sobald sein Wasserabschlußhahn *k* geschlossen wird. Der Druckregler ist so eingerichtet, daß eine Glocke von der Maschine niedergesaugt wird, während sie sich infolge von Federwirkung hebt und Gas ansaugt, solange die Maschine keinen Bedarf hat. Der stoßweise Lufteintritt in den Vergaser wird so zum dauernden, was für die Gleichmäßigkeit des Betriebes nur von Vorteil sein kann.

Der Gaserzeuger von *E. Lorin* (D. R. P. Nr. 215 381) ist gekennzeichnet durch einen mit Wasser gekühlten, durchlochten, im Innern des Schachtes verschiebbaren Gasentnahmekasten.

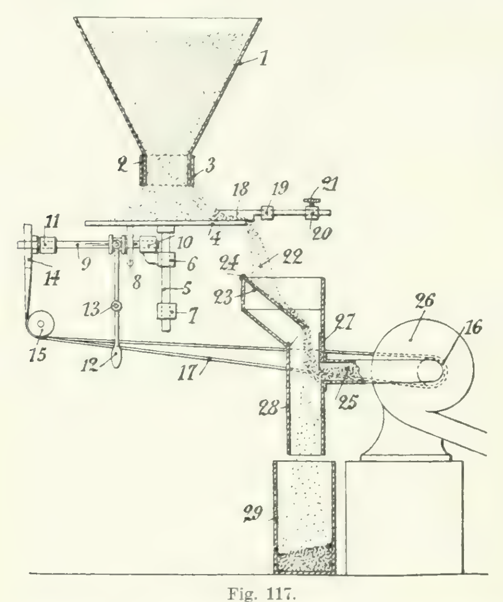


Fig. 117.

Vorrichtung zum Speisen von Gasgeneratoren mit Kohlenstaubfeuerung mit Brennstoff und Luft im richtigen gegenseitigen Verhältnis von *G. Marconnet* (D. R. P. Nr. 161 980, 171 685 und 217 088). In Fig. 117 bezeichnet *1* den Fülltrichter, in welchen man eine für einen Betrieb von einigen Stunden genügende Kohlenmenge einbringt. Der Trichter kann stetig oder zeitweilig mit Hilfe einer Schnecke oder einer ähnlichen Vorrichtung gespeist werden. Auf dem zylindrischen Teil *2* des Fülltrichters gleitet ein Ring *3* mit geringer Reibung. Einige Zentimeter unterhalb des unteren Teiles des Zylinders *2* ist eine wagerechte Platte *4* angebracht, die auf einer senkrechten Welle *5* befestigt ist, welche sich in zwei Lagern *6* und *7* dreht. Die Platte ruht auf einem Reibungsrad *8*, das auf einer wagerechten Welle *9*, die sich in zwei Lagern *10* und *11* dreht, verschiebbar ist. Dieses Führungsrad kann dem Mittelpunkt der Platte mittels einer um die Achse *13* drehbar gelagerten Gabel *12* mehr oder weniger genähert werden. Hierdurch gelingt es, bei gleichbleibender Geschwindigkeit der Welle *9* eine veränderliche Geschwindigkeit der Platte *4* zu erhalten. Die Geschwindigkeit der Welle *9* hängt von der Umdrehungszahl des Ventilators ab. Die Welle *9* wird durch die Scheiben *14*, *15* und *16* mittels des Riemens *17* angetrieben. — Die in den

Fülltrichter *1* gebrachte Kohle breitet sich auf der Platte aus, indem sie einen Kegel bildet, dessen Höhe und infolgedessen Durchmesser von dem Abstand zwischen dem unteren Teil des Zylinders *3* und der sich drehenden Platte abhängt. Man regelt den Abstand, indem man den Ring *3* mehr oder weniger senkt. Die Platte nimmt auf diese Weise einen Kegel von Kohle mit, in den mehr oder weniger tief ein Abstreifer *18* eindringt, welcher in zwei Führungen *19*, *20* verschiebbar ist und vermittels der Druckschraube *21* festgestellt werden kann. Durch die Drehung der Platte und die Wirkung des Abstreifers entsteht ein Kohlenstrahl *22*, der um so stärker ist, je rascher sich die Platte *4* dreht, und je mehr der Abstreifer in den rutschenden Kegel eingreift, und je größer der Abstand zwischen der Platte und dem Zylinder *3* ist. In dem Maße, als der Abstreifer die Kohle wegnimmt, fällt neue Kohle nach, so daß der Kegel sich andauernd wieder bildet. Die Kohle fällt von einer gewissen Höhe auf eine Fläche *23*, die um eine Achse *24* geneigt werden kann, gleitet auf dieser Fläche herunter und fällt weit ausgebreitet als feines Korn vor die Saugöffnung *25* des Ventilators *26*. Die Saugöffnung kann durch einen Schieber *27* mehr oder weniger verschlossen werden. — Diejenigen Kohlenkörner, die ungenügend gemahlen sind, fallen in den Schacht *28* und sammeln sich in dem Kasten *29*, von wo sie weggenommen und wieder gemahlen werden. — Auf diese Weise ist es zweifellos möglich, ein sehr gutes Kraftgas zu erzeugen, ob das Verfahren aber praktisch durchführbar ist, erscheint fraglich.

Kraftgas aus minderwertigen Steinkohlen, Koks u. dgl.

F. Jahns[1] verwendet zur Erzeugung von Kraftgas aus Klaubebergen mit 70 bis 75% Aschegehalt durch Kanäle verbundene Gaserzeuger (Fig. 118 und 119). Zwischen den Kammern I, II, III, IV ist der gemeinschaftliche senkrechte Kanal *a* angeordnet, in den aus den Öfen die verschließbaren Öffnungen *z* einmünden. Zwischen den Öfen II, III, Ia, IVa ist der zweite senkrechte Zug a^1 angebracht, zwischen den Kammern Ia, IIa, IIIa, IVa der Kanal *b* usw. Wird gerade aus Kammer I abgesaugt, so werden die oberen Schieber der Kammern II, III, IV, sowie der untere Schieber der Kammer I geöffnet. Die Gase von II, III, IV gehen im Kanal *a* hinunter und durchziehen den Generator I von unten nach oben. Sollen nun Kammern der zweiten Gruppe, z. B. Ia und IVa an die erste Gruppe I, II, III, IV angeschlossen werden, so daß man mit sechs Generatoren arbeitet, so verbindet man Ia und IVa oben mit dem Kanal a^1 und diesen unten mit Kammer IV oder III der ersten Gruppe, deren obere Öffnungen bereits mit dem Kanal *a* verbunden sind. — Bei der Ausführungsform Fig. 120 sind von einer Hauptdruckleitung, welche über die Öfen hinweggeht, zwei nach unten gehende Zweigrohre *a* angeordnet, welche in die Verbindungskanäle der beiden Öfen Druckluft einführen und dadurch in dem an das obere Ende des Verbindungskanals angeschlossenen Ofen eine Druckverminderung hervorrufen.

Fig. 118.

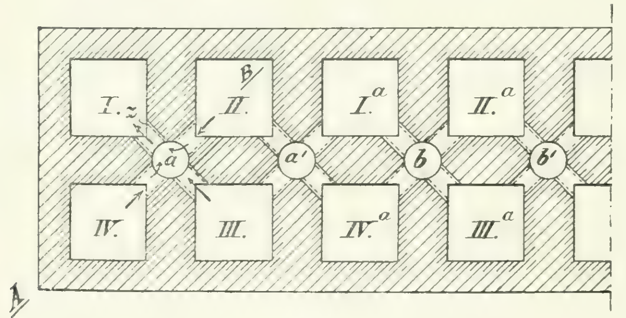


Fig. 119.

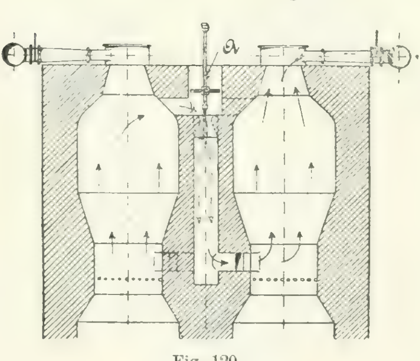


Fig. 120.

[1] D. R. P. Nr. 144 826 und 147 061, 154 759 und 169 998; Fischers Jahresber. 1903, 58; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, 311; 1905, 793 u. 2037.

Auf der Grube *Von der Heydt* werden nach diesem Verfahren die Generatoren (Fig. 121 bis 123) in bestimmten Zeitabständen nacheinander beschickt, entzündet, ohne Nachfüllen ausgebrannt, ausgeschaltet, entleert, wieder beschickt und eingeschaltet. Die Generatoren sind in der Reihenfolge des Entzündens durch Kanäle in passende Verbindung gebracht, und die teerhaltigen Gase der jüngeren Generatoren werden mit Hilfe einer gemeinsamen Saugvorrichtung durch den am längsten brennenden ältesten Generator hindurch abgezogen. Die erforderliche Verbrennungsluft, auch mit Wasserdampf, wird gleichzeitig von unten in die Generatoren eingesogen. Der älteste Generator des Ringes ist, wenn der letzte Generator entzündet wird, zum größten Teil in voller Glut, und der oberste Teil seiner Beschickung ist durch die Einwirkung der Hitze des unteren brennenden Teiles und der Nachbargeneratoren, sowie der durchziehenden heißen Gase teilweise oder ganz entteert oder verkokt, so daß er selbst bei der Verbrennung seiner obersten Schicht nur teerarme oder teerfreie Gase erzeugt. Werden daher in diesem Zeitabschnitt die Gase der ganzen Generatorreihe vom ältesten Generator abgezogen, so erhält man die Summe der Gase der übrigen Generatoren in beständigem Zustande, vermischt mit den Gasen der durchbrennenden entteerten oder verkokten obersten Schicht des ältesten Generators. Ist dieser durchgebrannt, so wird er entweder ausgeschaltet oder, wenn er noch nicht völlig ausgebrannt ist, mit dem nächst jüngeren Generator durch den entsprechenden Kanal verbunden, und die Gase werden von diesem abgezogen. Der oberste Teil des jüngeren Generators ist in gleicher Weise wie der des älteren der Einwirkung der Hitze ausgesetzt gewesen, deshalb ebenso ent-

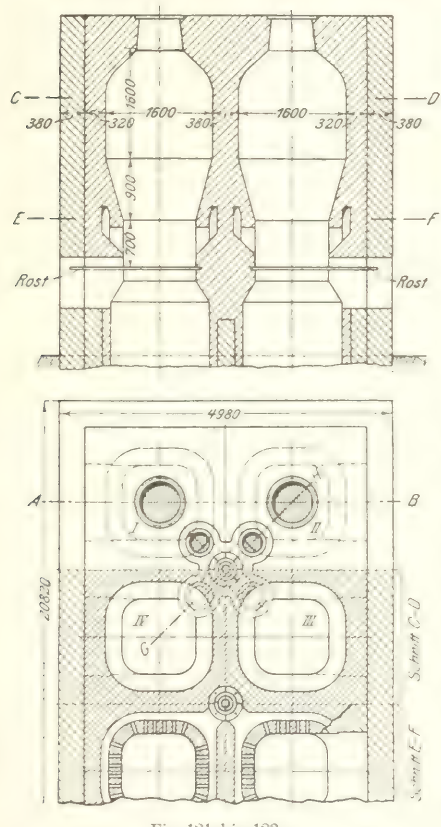


Fig. 121 bis 123.

teert oder verkokt und zur Gaserzeugung vorbereitet. — Je größer die Anzahl der miteinander zu einem Ringe verbundenen, gleichzeitig brennenden Generatoren ist, um so kleiner ist der Teil der entteerten und zur Gaserzeugung kommenden Beschickungsmasse, und um so länger wird dieser Teil der Beschickung der Einwirkung der Hitze ausgesetzt; um so vollständiger ist also die Entteerung oder Verkokung des oberen Teiles der Beschickung, und um so teerärmer sind die abgezogenen Gase.

Wird der erste Generator beschickt, so sind die Zugänge zum Kanal geschlossen und der Gasabzugschieber geöffnet. Die Beschickung wird durch Holzfeuer entzündet. Nach etwa einem Viertel der Brennzeit eines Generators wird der zweite Generator entzündet, nachdem seine Aschentür und sein oberer Kanalzug, sowie der untere Zugang zum ersten Generator geöffnet sind. Die Gase des Generators II strömen durch den Mittelkanal von oben nach unten, durch den Generator I von unten nach oben und mit den Gasen des letzteren gemeinsam zum Gasableitungsrohr. Der Generator III wird in gleicher Weise entzündet und mit dem Mittelkanal verbunden, nachdem der erste Generator etwa die Hälfte, der zweite etwa ein Viertel seiner Brennzeit vollendet hat. Die regelmäßige, ununterbrochene Gaserzeugung der Generatorreihe tritt ein, wenn der vierte Generator angeschlossen und entzündet ist und die Gase der Generatoren IV, III und II den Generator I durchziehen. Letzterer, der etwa drei Viertel seiner Brennzeit vollendet hat, ist am heißesten und hat über der Brennzone eine entteerte oder verkokte Materialschicht, die beim Durchbrennen teerarme oder teerfreie Gase erzeugt und die zuströmenden Gase der sämtlichen übrigen Generatoren beständig macht. Ist der oberste Teil der Beschickung so weit ausgebrannt, daß die Gase nicht mehr regeneriert werden, so werden der Gasabzugschieber und der untere Schieber des Generators II, sowie das obere Ventil des Generators I geöffnet, während der Gasabzugschieber und der untere Schieber des Generators I geschlossen werden. Die Gase der Generatoren I, IV und III ziehen nun durch den Generator II und mit dessen Gasen zum Abzugrohr. Ist der Generator I vollständig ausgebrannt, so wird er durch Schließen des oberen Ventiles aus der Verbindung der Generatoren ausgeschaltet, der Rost gezogen und die Schlacke in den Aschenfall gestoßen. Darauf wird der Rost wieder eingesetzt, der Generator beschickt und entzündet und durch Öffnen des oberen Ventiles in die Generatorreihe eingeschaltet. Der Generator II, dessen oberster Teil der Beschickung des ersten Generators gleich ist, tritt also an die Stelle des letzteren und liefert ununterbrochen Gas weiter. Die Gaserzeugung setzt sich in der gleichen Weise ohne Unterbrechung auf die folgenden und schließlich wieder auf den ersten Generator fort.

Ein Generator faßt etwa 4 t Kohlen oder 5 t Berge. Das Beschicken geschieht in der Weise, daß die Grubenwagen von einem Gleis unmittelbar in die Generatoren ausgestürzt werden. Die Beschickung wurde beim ersten Male mittels Holzfeuers, später durch die unter dem Rost im Aschenfall liegenden glühenden Schlacken entzündet. Sofort, nachdem der von dem vorherigen Ausbrennen noch heiße Generator beschickt ist, beginnt die Ent-

gasung der Beschickung, und zwar mit so starkem Druck, daß die Gase durch den Mittelkanal in den absaugenden Generator übertreten. Die Brennzeit eines Generators beträgt für Kohlen 96, für Berge 48 Stunden, der Zeitunterschied in der Entzündung der Generatoren 24 bzw. 12 Stunden, die Vorbereitungszeiten 60 bzw. 24 Stunden, die Gasperioden 36 bzw. 24 Stunden, so daß die Gasperioden zweier Generatoren teilweise zusammenfallen. Durch diese Arbeitsweise wird zur Erhöhung der Betriebssicherheit eine Reserve geschaffen, um jederzeit beliebige Gasmengen zur Verfügung zu haben. Die Vorbereitung der Generatoren bis zur Gasableitung wird so weit getrieben, daß die mit einem Saugball dem Generator entnommene Gasprobe frei brennt. Das vollständige Ausbrennen wird dadurch erreicht, daß der Generator nach Vollendung der Gasperiode noch einige Stunden, in denen viel Wasserdampf eingeblasen wird, nachläuft, oder daß die Rückstände im Aschenfall, wo sie bis zur nächsten Entleerung des Generators liegen bleiben, ausbrennen und ihre Gase in den Generator entsenden. — Der ausgebrannte Rückstand beträgt bei Bergen bzw. Kohlen etwa $^3/_4$ bzw. $^1/_4$ des Rauminhalts der Beschickung; er wird, nachdem der Generator ausgeschaltet und der Rost gezogen ist, herausgestoßen. Ungeeignetes Schamottfutter, sowie zu hohe Temperaturen im Generator, die durch zu sparsame Verwendung von Wasserdampf entstehen, begünstigen Schlackenansätze an den Wänden. Bei Verwendung von Förderkohlen bereitet die Beseitigung der Schlacken keinerlei Schwierigkeiten. Die ausgestoßenen glühenden Schlacken bleiben im Aschenfall liegen, um die frische Beschickung zu entzünden und etwaige Kohlenreste noch zu verbrennen. Zuletzt wird die glühende Asche langsam mit Wasser abgelöscht und der Wasserdampf dem Generator zugeführt. Wärmeverluste durch glühende Asche lassen sich fast vollkommen vermeiden. Das während einer Gasperiode abgeleitete Gas ist von verschiedener Zusammensetzung. Der Gehalt an Teerdämpfen nimmt mit dem Verlauf der Periode schnell ab, so daß die abgeleiteten Gase bald für Kraftzwecke geeignet sind. Das Gas enthält durchschnittlich:

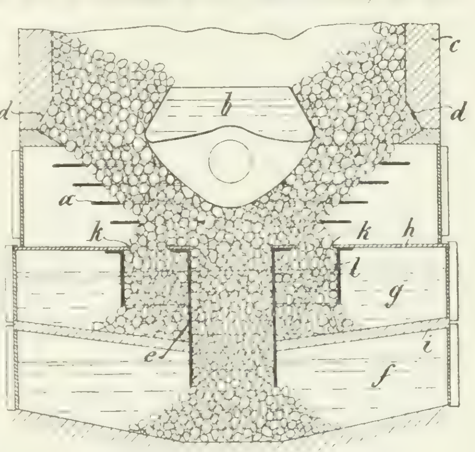


Fig. 124.

Kohlensäure	7 bis 9%
Kohlenoxyd	16 „ 20%
Wasserstoff	18 „ 22%
Methan	1 „ 4%

Nach *Julius Pintsch A.-G.* (D. R. P. Nr. 202 258) ist der Gaserzeuger in gebräuchlicher Weise mit einem Treppenrost *a* (Fig. 124) und einem Dampf-

erzeuger *b* in der Mitte des Schachtes ausgerüstet. Vermöge des Dampferzeugers *b* in dem Generatorinnern entsteht ein umgekehrt trichterförmiger Vergasungsraum, aus dessen Innern die fertigen Gase abgeleitet werden. Innerhalb dieser trichterförmigen Brennstoffsäule befindet sich der am wenigsten entgaste Brennstoff. Derselbe besitzt noch einen großen Teil Kohlenstoff und fällt gesondert von der Asche und Schlacke in den mittleren Aschenfall *e*, der nach einem Sammelraum *f* führt. Der Sammelraum *f* ist von dem eigentlichen Schlackenfall *g* durch einen Zwischenboden *i* getrennt und ebenso wie der Raum *f* mit einem Wasserabschluß versehen. Der Aschenraum *g* ist von dem Rost durch einen Boden *h* abgesondert, in welchem unterhalb des Rostes Öffnungen *k* vorgesehen sind, durch welche die Schlacke und Asche nach dem Aschenfall *g* gelangen kann. Die Öffnungen *k* werden von einem zylindrischen Rohre *l* abgegrenzt, das in das Wasser des Aschenfalls hineinragt. Es ist ersichtlich, daß die Asche im Aschenfall *g* getrennt von den unverbrannten Brennstoffteilen in dem Raume *f* gesammelt wird, so daß man auch die Brennstoffteile aus dem Raume *f*, ohne sie sortieren zu müssen, zur Wiederverwendung herausnehmen kann.

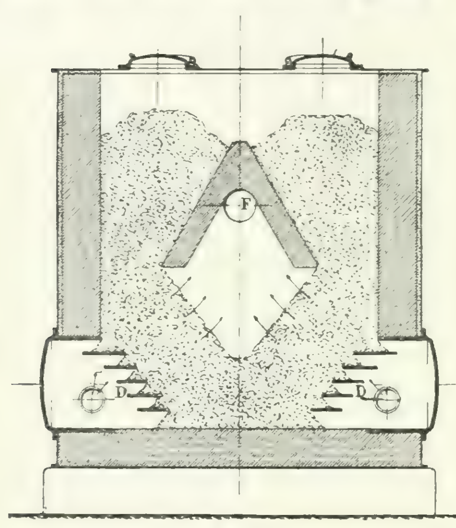


Fig. 125.

Gasanlage zur Vergasung von Koksabfall, Rauchkammerlösche u. dgl. Nach Mitteilung der Firma *Julius Pintsch A.-G.* stehen in Leuchtgasanstalten, Kokereien und auf den Anthrazitgruben große Mengen kleinstückigen und grusförmigen Brennstoffes zur Verfügung, welche — mangels anderweitiger Verwendung — äußerst billig sind und die Erstehungskosten des Kraftgases in vielen Fällen wesentlich herabsetzen können. Die schematische Fig. 125 zeigt einen derartigen Sauggaserzeuger. Luft und Dampf treten unter den Rost *D*. Das Gas wird bei *F* abgesaugt. Bereits wurden eine ganze Reihe von Sauggasanlagen dieser Art ausgeführt, darunter eine 1000 pferdige (seit April 1905 in ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb befindliche) Anlage, welche aschenreichen Perlkoks zu vergasen hat. Auch die in den Rauchkammern der Lokomotiven sich ansammelnden Rückstände (Koksklein von 0 bis 7 mm) lassen sich in derartigen Generatoren vergasen.

Bei der Vergasung von Rauchkammerlösche aus Lokomotiven ergab sich nach *Diegel*[1] ein Wirkungsgrad von etwa 80%. Die Analyse des Brennmaterials war:

[1] Stahl u. Eisen 1906, Sonderabdr.

C	75,2 %
H_2	0,4 %
O + N	1,45 %
S	0,85 %
Asche	19,2 %
Wasser	2,9 %
Unterer Heizwert	6073 w

Die Zusammensetzung des Gases ergab sich bei Verwendung dieses Materials zu:

CO_2	5,0 %
CO	26,0 %
H_2	12,0 %
CH_4	0,2 %

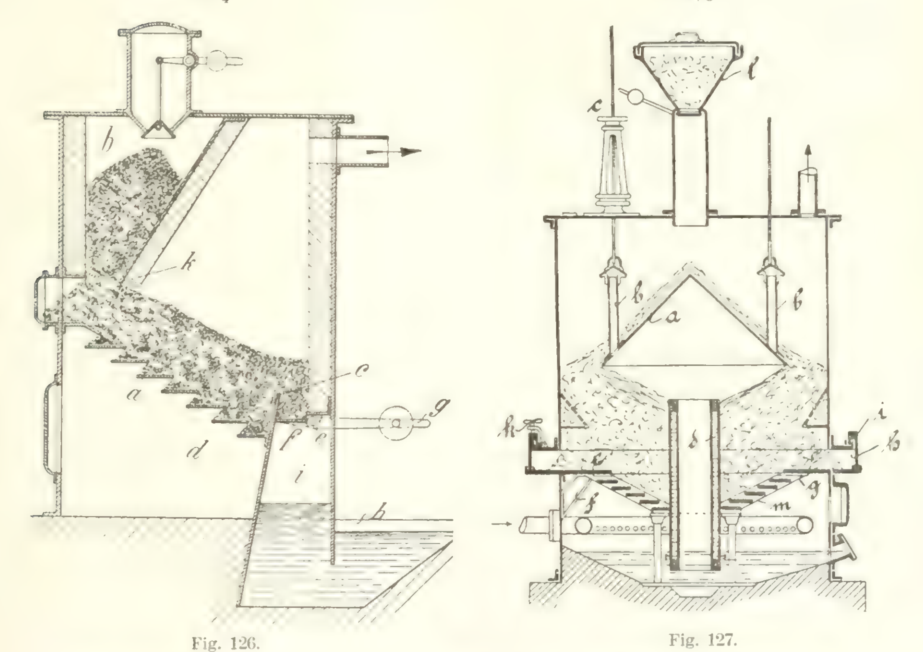
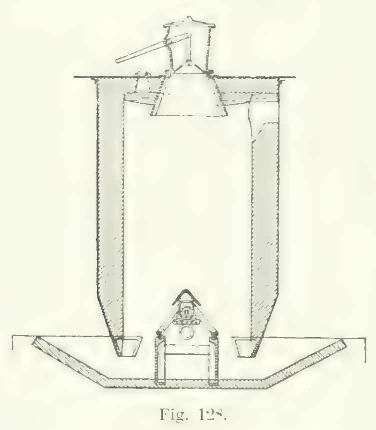


Fig. 126. Fig. 127.

Für Kohlengrus, Koksgrus u. dgl. verwendet die *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 196 832) einen Treppenrost, wobei der feinkörnige Brennstoff auf einer bestimmten Schichthöhe durch eine am tiefsten Punkte des Rostes angeordnete Stauwand *c* (Fig. 126) dadurch erhalten wird, daß der überschüssige Brennstoff über diese Wand hinaus in den Kanal *i* und in die sich an diesen anschließende Wassergrube *h* fällt, von wo er von Zeit zu Zeit entnommen, getrocknet und wieder in den Füllschacht gegeben wird. Um die mittlere Schütthöhe des Brennstoffes entsprechend der Belastung des Motors und entsprechend den wechselnden Eigenschaften des verwendeten Brennstoffes ändern zu können, ist in dem zur Wassergrube *h* führenden Kanal *i* ein von Hand bewegliches Absperrorgan, z. B. eine um den Bolzen *e* drehbare Klappe *f*, angeordnet, welche von Zeit zu Zeit vermittels des Hand-

griffes *g* geöffnet wird und hierbei den überschüssig angesammelten Brennstoff in die Wassergrube *h* fallen läßt. Öffnet man die Klappe in kleineren Zwischenräumen, so wird eine annähernd gleichmäßige Brennstoffschicht von einer der Höhe der Stauwand entsprechenden Höhe erzielt[1].

Nach *Gas-Generator G. m. b. H.* (D. R. P. Nr. 172 644) soll durch Einbau eines kegelförmigen Entlastungsbodens *a* (Fig. 127) ein gleichmäßiges Niedergehen der Beschickung aus Trichter *l* erzielt werden. Der Boden ist bei *c* verstellbar; die sich unter demselben ansammelnden Gase entweichen durch Rohre *b*. Rutscht zuviel Kohle nach, so fällt sie durch Rohr *d* ins Wasser und wird von hier entfernt. Durch Schüren bei *h* kann Schlacke entfernt werden. Die Rostträger *m* können an ihrem oberen Ende beispielsweise mittels Schuhe *g* an der Schürplatte angeschraubt oder befestigt sein, während letztere auf Konsolen *f* aufliegt, die an dem Mantel des Schachtes befestigt sein können — Nach *E. H. Steck*[2] bewährt sich diese Anlage für Feinkohle und für Braunkohle. — Weniger einfach ist die Anlage derselben Gesellschaft nach D. R. P. Nr. 176 230.


Fig. 128.

Die Gaserzeuger von *E. L. Duff* (D. R. P. Nr. 140 639) bewähren sich nach *Brauns*[3] auch für Kleinkohlen. Es sind Schachtgeneratoren mit Wasserabschluß (Fig. 128), etwa 4 bis 4,5 m im Durchmesser bei etwa 6,5 m Höhe, welche an Stelle der gewöhnlichen Roststabanordnung mit einem quer durch den Schacht gehenden Doppelschrägrost mit Rüttelvorrichtung versehen sind. Die Beschickung derselben erfolgt auf maschinellem Wege. Die Entfernung der Asche wird ohne Unterbrechung des Betriebes alle 12 Stunden vorgenommen. — Das mit etwa 500° aus dem Generator austretende Gas wird zunächst durch eiserne Röhren geleitet, welche in einem Winderhitzer das für den Generator erforderliche Luft-Dampfgemisch vorwärmen. Dann werden die Gase durch einen Waschapparat geführt, um Teer und Staub zurückzuhalten, worauf sie, noch 85 bis 90° warm, in einem Absorptionsturm mit 4 proz. Schwefelsäure gewaschen werden, zur Gewinnung von Ammoniumsulfat (vgl. S. 144). Das so erhaltene Gas soll folgende durchschnittliche Zusammensetzung haben:

Kohlensäure	15%
Kohlenoxyd	12
Wasserstoff	23
Methan	2
Stickstoff	48

[1] Dinglers polytechn. Journ. 1909, Heft 25.
[2] Stahl u. Eisen 1906, 1157; vgl. das. 1907, 709.
[3] Stahl u. Eisen 1903, 1191.

Das Ammoniumsulfat soll den größten Teil der Kohlenkosten decken. — Für eine derartige Anlage in Madrid von 2000 PS. wird spanische, erdharzige Kohle verwendet, die sehr fein und fast wie Staub ist und 17 bis 25% Asche enthält. Das von den Gaserzeugern kommende Gas wird von Ammoniak befreit und nachher gereinigt, bis es frei von Teer ist. Es sind sechs Nürnberger Gasmotoren aufgestellt[1].

Nach *F. Timm* (D. R. P. Nr. 132 562) trennt man den zu verarbeitenden Brennstoff (Kohlenklein u. dgl.) in Grobes und Feines. Ersteres führt man in eine sich drehende Trommel (Blechzylinder mit innerer Ausfütterung aus feuerfesten Steinen) ein, welche es infolge ihrer Drehung und geneigten Lagerung oder kegelartigen Form der Länge nach durchläuft. An dem der Aufgabestelle des Groben entgegengesetzten Trommelende tritt das feine Brennmaterial mit der Verbrennungsluft ein und wird entzündet, wie bei den Kohlenstaubfeuerungen bekannter Bauart. Die entstandene Kohlensäure durchstreicht die Trommel in einem zur Fortgangsrichtung des Groben entgegengesetzten Sinne, kommt dabei mit letzterem in Berührung und wird zu Kohlenoxyd gasreduziert. — Der Gaserzeuger mit zickzackförmig angelegten Gleitflächen von *Gebr. v. Niessen* (D. R. P. Nr. 156 961) wird auch für aschenreiche Kohlen brauchbar sein.

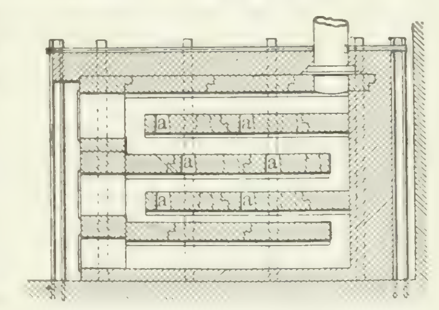


Fig. 129.

Der Gaserzeuger mit unterer Luftzuführung zur Vergasung von Feinkohle der *Olbernhauer Anthrazitwerke* (D. R. P. Nr. 174 747) ist gekennzeichnet durch eine sieb- oder rostartige Beschickungsvorrichtung mit in verschiedenen Abständen voneinander angeordneten oder mit verschiedenen Weiten versehenen Durchgangsöffnungen, um vermöge der verschiedenen Abstände und Weiten der Öffnungen den Brennstoff an den Stellen, wo die Verbrennung rascher fortschreitet, wie z. B. an den Wänden, höher aufzuschichten, so daß die glühende Schicht stets von einer frischen Brennstoffschicht bedeckt bleibt.

Pulverförmige Brennstoffe läßt *M. Perret* (D. R. P. Nr. 44 959) in derselben Weise, wie bei den bekannten Kiesöfen, über Platten der Zugrichtung entgegenführen. Hier sind die Platten jedoch mit gegeneinander versetzten Löchern *a* (Fig. 129) versehen, so daß der pulverförmige Brennstoff kegelförmige Haufen bildet, zwischen denen die Luft hinzieht.

Zur Erzeugung eines Kraftgases aus Abfällen, die in einem Schachtofen verbrannt werden, wobei die entweichenden Gase zur Anreicherung mit Kohlenstoff durch in einem anderen Ofen bereitgestellte glühende Koksmassen

[1] Engineering 1906, 809.

geleitet werden, sind nach *Ottermann & Co.* (D. R. P. Nr. 219 269) zur Erreichung eines ununterbrochenen Betriebes zwei Koksöfen vorgesehen, die abwechselnd angeblasen werden; die aus dem jeweilig angeblasenen Koksofen entweichenden Abgase werden in den Verbrennungsofen für die Abfälle und gemeinsam mit den im letzteren Ofen erzeugten Gasen durch die heiße Koksmasse des anderen Koksofens geleitet.

Zur Verwertung des Bitumens aus Kupferschiefern, Alaunschiefern usw. in Schachtöfen behufs Gewinnung von Gas wird nach *F. Frank*, *Marckwald* und *Ziegler* (D. R. P. Nr. 148 282) auf einer stark geneigten schiefen Ebene der letzte Teil des Bitumens durch abwechselndes Blasen mit Luft und Wasserdampf zersetzt, wobei das heiße Gestein gleichzeitig durch den Dampf aufgelockert wird. Auf die Gicht *A* (Fig. 130) wird der geförderte Stein mit Hebevorrichtung unmittelbar vom Schacht aufgebracht und mit der Hand oder maschinell in Haufen verteilt. Von hier aus gleitet das Gut durch eine Vorwärmezone *B* auf eine schiefe Ebene *C*. Hier wird ein Teil des Bitumens ausgetrieben und zieht als Gas und Dampf aus den Düsen *D* und

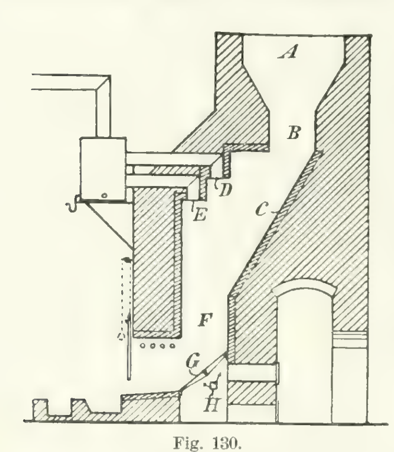


Fig. 130.

E ab, gegebenenfalls unter Mithilfe eines Gebläses. Von der schiefen Ebene fällt das Gut in den Generatorteil *F*, worin das Bitumen zum Teil auf dem geneigten Rost *G* durch Zuführung von Gebläseluft verbrennt. Das Gebläse soll abwechselnd überhitzten Wasserdampf und Luft durch *H* einführen. Hiernach fällt der ausgebrannte Stein in eine Rast, von der er in eine zweckentsprechende Fördervorrichtung abgelassen und zur weiteren Verarbeitung, seinem eigentlichen Zweck entsprechend, abgeführt wird. Die aus *D* und *E* abziehenden Gase durchwandern einen Kondensator mit Luftkühlung, bei der sich Teer abscheidet, während das Unkondensierte als Gas weiter geleitet wird.

Kraftgas aus Braunkohle.

Die Verwendung von Braunkohle zur Herstellung von Heizgas ist lange bekannt[1]; zur Herstellung von Kraftgas dient sie erst seit etwa 10 Jahren. Die bei der Entgasung der Braunkohle erhaltenen Produkte (S. 39) enthalten neben Teer besonders viel Kohlensäure, welche vor der Verwendung größtenteils reduziert werden muß. Bei der porösen Beschaffenheit der entgasten Braunkohle geschieht das leichter und schneller als mit Koks.

Die aus Schwelkohle in der Paraffinindustrie[2] erhaltenen Gase bestehen aus:

Kohlensäure	10 bis 20%
Schwere Kohlenwasserstoffe	1 „ 2%
Kohlenoxyd	5 „ 15%
Methan	10 „ 25%
Wasserstoff	10 „ 30%
Sauerstoff	0 „ 3%
Stickstoff	10 „ 30%
Schwefelwasserstoff	1 „ 3%

Stickstoff und Sauerstoff entstammen der mitangesaugten Luft. Die Gase werden vorteilhaft für Gaskraftmaschinen verwendet, ebenso die bei der Teerdestillation gewonnenen Gase folgender Zusammensetzung:

Kohlensäure	2,1%
Kohlenoxyd	3,9%
Schwere Kohlenwasserstoffe	8,9%
Methan	53,5%
Wasserstoff	9,4%
Sauerstoff	4,7%
Stickstoff	17,5%

Die Destillationsrückstände der Schwelerei, die sog. „Grude“, könnte ebenfalls zur Herstellung von Kraftgas dienen, wenn es nicht vorteilhafter wäre, sie in sog. Grudekochöfen zu verwenden. Dasselbe gilt für den sog. „Kaumazit“ der *Wesselner Koks- und Kaumazitwerke*. Dieselben entgasen böhmische Braunkohlen in stehenden Retorten[3]. Die Gase werden teils zum Heizen der Retorten, teils für Gasmotoren verwendet. Die Destillationsrückstände, der sog. Kaumazit, soll auch für Sauggasanlagen verwendet werden, was kaum vorteilhaft sein wird.

[1] Vgl. *F. Neumann:* Die Vergasung erdiger Braunkohle (Halle 1873).

[2] Vgl. *Scheithauer:* Die Fabrikation der Mineralöle (Braunschweig 1895). Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1892, 41; 1893, 51; 1986, 53; 1901, 34.

[3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, 2069.

Braunkohlenbriketts[1] werden auch in den meisten der S. 140 bis 160 besprochenen Generatoren vergast werden können. Lignit und stückige Braunkohlen erfordern schon mehr Vorsicht, während erdige grubenfeuchte (bis 60% Wasser) Kohlen Schwierigkeiten machen.

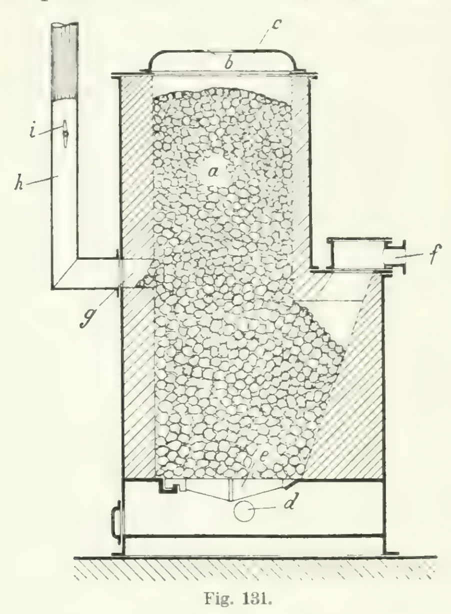


Fig. 131.

Bei dem Gaserzeuger mit oberer und unterer Feuerung (vgl. S. 154) der *Gasmotorenfabrik Deutz* (D. R. P. Nr. 169 088) werden die Gase aus dem Gaserzeuger *a* (Fig. 131) während des Betriebes bei *f* abgesaugt. Infolge des dadurch auftretenden Unterdruckes strömt Luft von oben durch Öffnung *b* im Deckel *c* und von unten durch Öffnung *d* und Rost *e* in den Schacht ein. Bei Außerbetriebsetzung des Gaserzeugers wird die Saugvorrichtung in der Gebrauchsgasleitung abgestellt und letztere durch ein Absperrorgan beliebiger Bauart geschlossen. Für den Abzug der hernach noch entwickelten Gase ist eine Öffnung *g* im Schacht vorgesehen, an die sich die Abgasleitung *h*

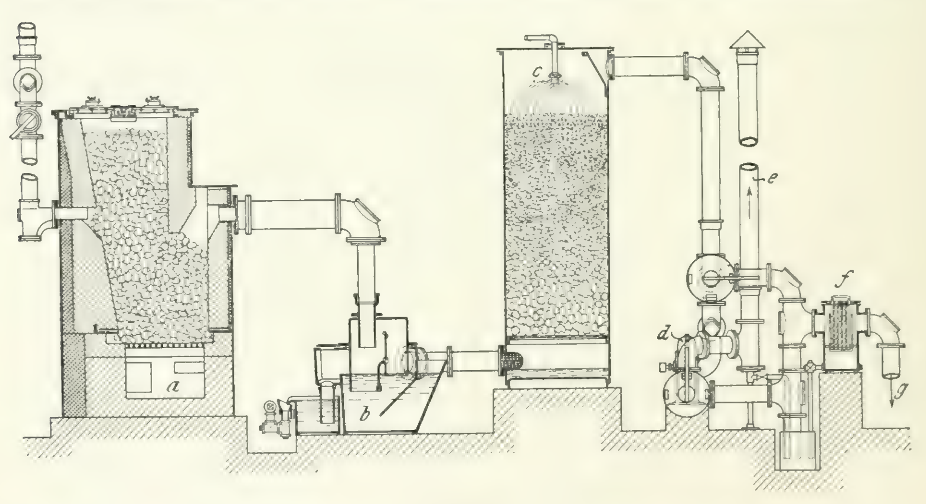


Fig. 132.

anschließt. In letztere ist ebenfalls ein Absperrorgan (Klappe *i*) eingebaut, das während des Betriebes in Schlußstellung steht. Um zu erreichen, daß

[1] Vgl. *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 2 bis 62.

mit Sicherheit sämtliche Gase, die nach Außerbetriebsetzung im Gaserzeuger entwickelt werden, durch die Abgasleitung *h* entweichen, empfiehlt es sich, die Öffnungen *b* und *d* oder wenigstens die erstere zu schließen. — Fig. 132 zeigt eine entsprechende Anlage.

Nach Angabe derselben Fabrik findet die Luftzufuhr oben und unten zugleich statt, so daß sich zwei Brennzonen bilden. Der oben aufgegebene Brennstoff wird zunächst durch die Berührung mit der unter ihm liegenden glühenden Schicht verkokt und hierbei, indem er nach abwärts sinkt, im unteren Teil des Rostes vollständig entgast. Die bei der Verkokung nach abwärts ziehenden Destillationsprodukte enthalten noch eine große Menge leicht kondensierbare flüchtige Kohlenwasserstoffe (Teere); diese werden aber, da sie vor ihrem Austritt aus dem Generator die in voller Glut befindlichen Kohlenschichten durchstreichen müssen, vollständig in nicht kondensierbare Gase zerlegt und dadurch für den Motorbetrieb unschädlich gemacht. Das erzeugte Gas verläßt den Generator praktisch teerfrei, so daß es nur nötig ist, die etwa mitgerissenen Staubteilchen in geeigneter Weise durch die folgenden Reinigungsapparate auszuscheiden und das Gas vor seiner Verwendung zum Motorbetrieb zu kühlen. Zu diesem Zwecke wird es durch den Staubsack und Skrubber, darauf noch durch weitere Deutzer Reinigungsapparate (Kondensator und Schlußreiniger) geleitet. In diesem Generator können fast alle Braunkohlenbriketts und die verschiedensten Arten Rohbraunkohle in einer für motorische Zwecke befriedigenden Weise vergast werden.

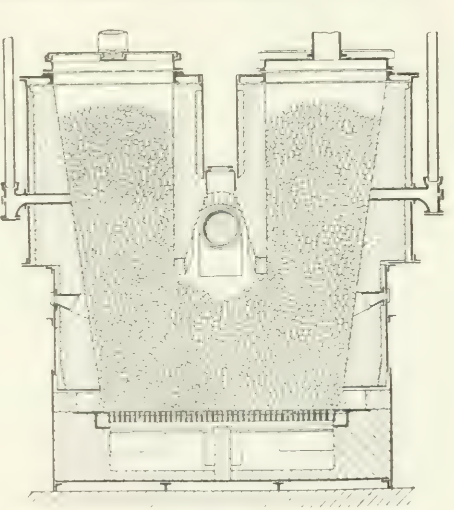


Fig. 133.

Nach Angabe der *Deutzer Fabrik* stellt sich bei einem 12pf. Sauggasmotor der stündliche Braunkohlenbrikettverbrauch für die eff. Pferdestärke auf 0,8 k bei 5000 w Heizwert der Briketts oder, umgerechnet auf minderwertige Handelsware von nur 4700 w Heizwert, auf 0,85 k. Bei einem Brikettpreise von 80 Mk. für den Doppelwaggon von 10 t ergeben sich somit die Brennstoffkosten zu nur 0,68 Pfg. für die eff. Pferdekraftstunde. Bei einem 80pf. Motor ist der Brennstoffverbrauch nur 0,62 k (einzelne sorgfältig durchgeführte Garantieversuche ergaben noch weniger), und stellen sich daher die stündlichen Brennstoffkosten auf nur 0,53 Pfg. für die eff. Pferdestärke.

Nach *Neumann*[1] werden für die größeren Deutzer Generatoren die Gase in der Mitte abgezogen (Fig. 133; vgl. S. 155). Dabei ist es möglich, die sich

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, 899.

absetzende Schlacke nach Öffnen von Stochlöchern mit Stocheisen von oben oder unterhalb der Abzugstelle des Gases leicht zu beseitigen. Die Gase werden während der Ruhepause abgeführt durch Rohre, die unterhalb der oberen Kohlenschicht an einer von der Abzugstelle des Betriebsgases genügend entfernten Stelle abzweigen, wodurch einesteils erreicht wird, daß die Gase geruchlos entweichen, da sich an dieser Stelle keine Schwelprodukte mehr befinden, andererseits keine Luft in die Betriebsgasleitung gelangen kann. Zur Verwendung kommt Rohbraunkohle in jeglicher Form, sofern ihr Wassergehalt nicht über 20% beträgt und das Verhältnis der flüchtigen Bestandteile zum Kohlenstoff nicht über 3 : 2 ist. Für stärker wasserhaltige Kohle hat sich das Verfahren bisher noch nicht bewährt, da dann die aufgeworfene

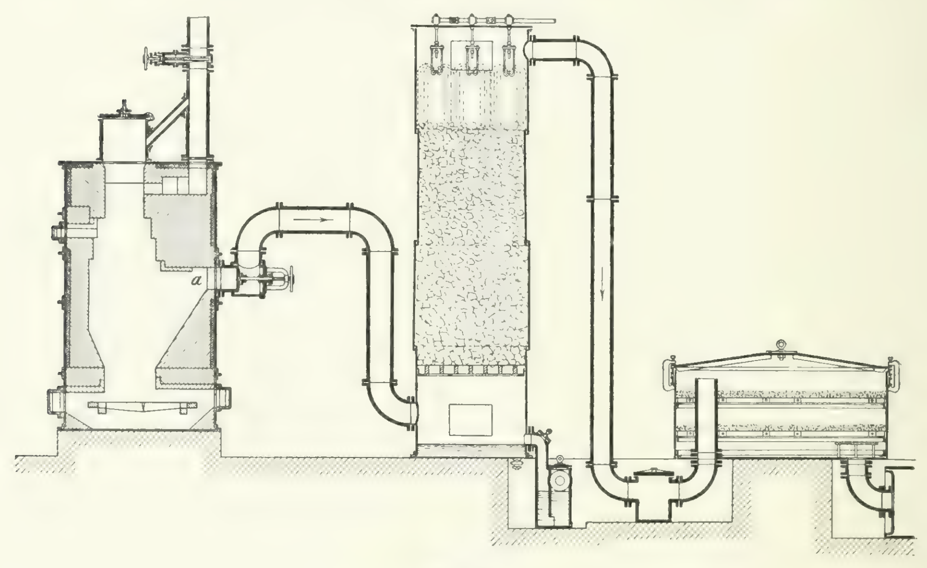


Fig. 134.

Kohle zu langsam Feuer fängt und das Feuer infolgedessen nicht schnell genug heraufbrennt, um dem Niedersinken der Brennstoffsäule wegen des Abbrandes der vergasten Kohle das Gleichgewicht zu halten, mit anderen Worten: das Feuer läßt sich nicht auf gleichbleibender Höhe erhalten, sondern wandert hinunter. Indessen spielen die stärker wasserhaltigen Kohlen für die Krafterzeugung wirtschaftlich keine so bedeutende Rolle, da sie durch den Transport zu sehr verteuert werden. Je nach dem Heizwert der Kohle wird die in den unteren Teil des Generators tretende Luft getrocknet oder angefeuchtet eingeführt.

Im Wasserwerk Bergheim flossen für 1 Stundenpferd 7,5 l Skrubberwasser ab (vgl. S. 135), welches im Liter enthielt:

Unterschweflige Säure (S_2O_2)	19 mg
Schwefelwasserstoff	3 „
Rhodan	höchstens Spur

Schwefelkohlenstoff	geringe Spur
Gesamtschwefel	18 mg
Ammoniak (an Kohlensäure gebunden) einschließlich Spuren von Anilin usw. . . .	109 „
Cyanwasserstoff	rund 12 „
Ferrocyan	höchstens Spur
Gesamtstickstoff	99 mg
Kohlenwasserstoffe, Phenole	deutliche Spur

Fig. 134 zeigt einen Generator für Braunkohlenbriketts mit oberer und unterer Feuerung von *Gebr. Körting*. Das Gas wird seitlich bei *a* abgesogen. Der Brennstoff wird von oben nachgeschüttet und verkokt, ehe er in die eigentliche Vergasungszone kommt, indem bei dieser Gelegenheit die bituminösen Bestandteile abdestilliert werden. Dadurch, daß diese teerhaltigen Gase das Vergasungsfeuer durchziehen, werden sie zersetzt, und das Gas ist teerfrei. Gasanalysen ergaben:

Kohlensäure .	10,6 %
Wasserstoff .	18,2 %
Kohlenoxyd .	18,9 %
Methan . . .	1,5 %
Sauerstoff . .	0,2 %
Stickstoff . .	50,3 %

In den gleichen Generatoren kann auch stückige Braunkohle, wie sie aus Böhmen kommt, vergast werden. Bei Anwesenheit größerer Wassermengen in den Brennstoffen ist ein weiterer Zusatz von Wasser zur Vergasungsluft nicht nötig. Die erdige Braunkohle hat der Vergasung bislang erheblichen Widerstand entgegengesetzt, einesteils weil der Wassergehalt ein sehr hoher ist, sodann auch weil die Körnung eine sehr verschiedenartige ist und das Material meistens auch zerfällt, so daß es viel zu dicht in den Generatoren lagert.

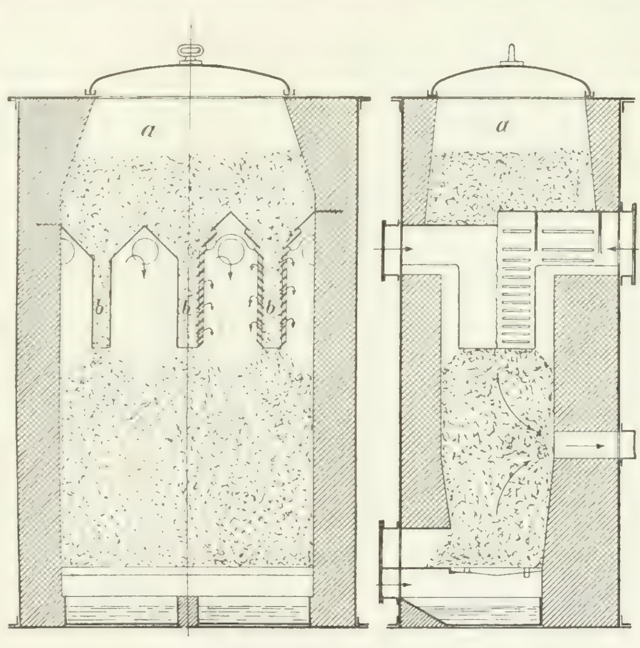


Fig. 135. Fig. 136.

Beim Gaserzeuger mit oberer Luftzuführung von *F. Müller* (D. R. P. Nr. 157 258) ist die untere Mündung des Fülltrichters *a* (Fig. 135 und 136) in einen oder mehrere schmale Kanäle *b* aufgelöst, zu dem Zweck, eine große, möglichst gleichmäßige Oberfläche für die Verbrennung zu schaffen

und gleichzeitig den Brennstoff an den heißen Wänden der Kanäle vorzuwärmen. In den durch die ausstrahlende Wärme der oben brennenden Schicht geheizten schmalen Kanälen findet gleichzeitig eine Vorwärmung und Abschwelung statt. Die Wände des Fülltrichters und der Kanäle können auch rostartig durchbrochen sein, um den Schwelgasen einen bequemeren Abzug zu gestatten und sie mit der eintretenden Luft sicher zu Kohlensäure zu verbrennen, welch letztere beim Durchströmen der glühenden Schicht wieder zersetzt wird. — Von anderer Seite[1] wird dieser Generator als Sauggaserzeuger für Braunkohle von *Gebr. Körting* bezeichnet.

Eine Sauggasanlage für Braunkohlenbriketts der *Motorenfabrik Darmstadt A.-G.* zeigt Fig. 137, die keiner Erläuterung bedarf.

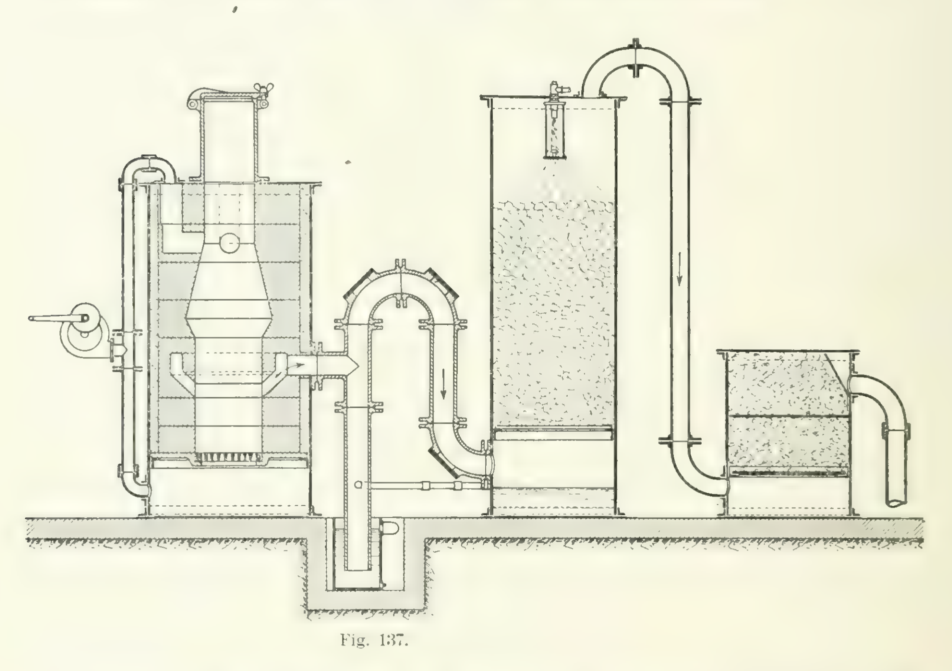


Fig. 137.

Nürnberger Generatoranlagen für Braunkohlenbriketts[2]. Der Gasabzug *a* (Fig. 138), ein über dem ganzen Querschnitt absaugender Balken, befindet sich in etwa halber Höhe der glühenden Brennstoffsäule, der Luftzutritt erfolgt hauptsächlich von oben, wodurch eine sog. umgekehrte Verbrennung hervorgerufen wird; eine Hilfslufteinströmung findet außerdem von unten her durch den Rost statt. Der sonst benötigte doppelte Verschluß der Füllöffnung fällt hierbei vollständig fort. Um etwaigen Ausdünstungen, namentlich während des Stillstandes, vorzubeugen, ist ein einfacher Verschluß

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, 1906.

[2] Mitgeteilt von der *Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G.*

vorgesehen, der zur Besichtigung des Generators oder etwaigen Durchstoßens des Brennstoffes während des Betriebes unbehindert geöffnet werden kann. Dadurch wird erreicht, daß alle in den Kohlen enthaltenen Schwelgase und Teere, ehe sie zum Gasabzuge gelangen können, die glühenden bereits entgasten Schichten durchstreichen müssen. Dabei zersetzen sie sich so vollkommen in teerfreie Gase, daß die damit betriebenen Maschinen in bezug auf Reinigungsarbeiten den Leuchtgasmaschinen nahe kommen. Bewährt haben sich besonders die stark gepreßten sog. Industriebriketts mit möglichst geringem Schwefelgehalt, da dieser namentlich im Innern der Maschinen vorzeitige Abnützung hervorruft. Man kann dem auch durch Einbau sehr einfach zu behandelnder Schwefelreiniger vorbeugen. — Bei einer Anlage in

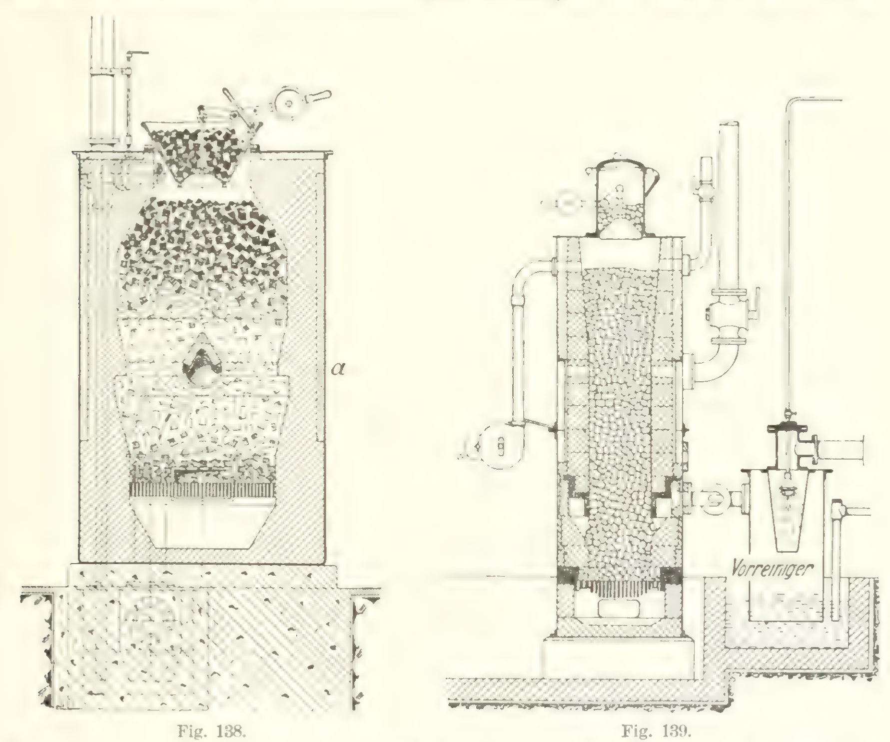


Fig. 138. Fig. 139.

Riesa entspricht nach *Fischinger*[1] dem durch die Versuche festgestellten Wärmeverbrauch von 3385 w für die Kilowattstunde bei einem Wirkungsgrad der Generatoren von 75% und einem mittleren Heizwert der Braunkohlenbriketts von 5000 w für 1 k ein Brikettverbrauch von 0,9 k für die Kilowattstunde. Bei einem Brikettpreis von 9,50 Mk. für die Tonne im Werk Lauchhammer stellen sich die Brennstoffkosten für 1 Kilowattstunde auf 0,855 Pfg.

Auch der Sauggasgenerator von *Benz* hat doppelte Brennzone (Fig. 139). Bei Verwendung von Braunkohlenbriketts ergaben nach *v. Jhering*[2] Gasanalysen:

[1] Elektrotechn. Zeitschr. 1907, Heft 45.

[2] Journ. f. Gasbel. 1910, 445.

Probe Nr.:	1	2	3	4	Im Mittel
Kohlensäure	8,2	9,6	8,4	11,4	9,4
Sauerstoff	—	—	0,2	0,3	0,125
Kohlenoxyd	21,4	20,2	21,2	17,5	20,075
Wasserstoff	12,8	16,6	16,1	16,9	15,6
Methan	1,7	1,8	1,2	2,0	1,675
Stickstoff	55,9	51,8	52,9	51,9	53,125

Der Sauggasapparat für Braunkohlenbriketts von *Lüderitz*[1] besteht aus dem Gaserzeuger *a* (Fig. 140), dem Verdampfer mit Aschenfang *b*, dem Reiniger *c*, dem Gastopf und der Zwischenleitung. Das Gas wird unten abgesaugt. Die sich bildenden Teerdämpfe durchstreichen eine glühende Kohlenschicht und werden dadurch zum größten Teile zersetzt. Auf seiner unteren Seite hat der Gaserzeuger einen Wasserverschluß. Durch Ziehen an einem seitlichen Griffe kann die Achse während des Betriebes ohne jede Störung vom Roste und aus dem unteren Teil des Gaserzeugers entfernt werden. Der Verdampfer wird durch eine Ummantelung des „Labyrinth-Aschenfanges“ gebildet. Bei größeren Anlagen wird die Zuführung des Wassers zum Verdampfer selbsttätig, entsprechend der mehr oder weniger großen Gasentnahme, geregelt.

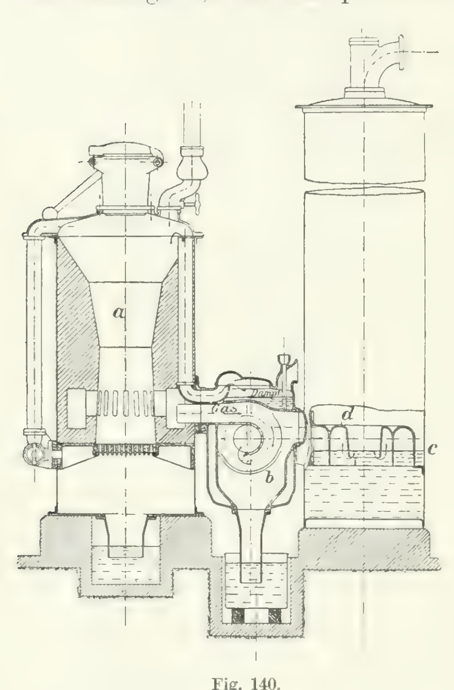


Fig. 140.

Nach *E. Krumbiegel*[2] besteht die Gaserzeugungsanlage für Braunkohlenbriketts in Groditz aus einem verhältnismäßig hohen Schachtgenerator ohne Rost (Fig. 141). Luft und Dampf werden durch ein mittleres, von einem Stahlgußkegel mit Schamottehaube überdecktes Rohr eingeblasen, während die unverbrannten Briketts auf einem Aschekegel ruhen, der sich um dieses Einführungsrohr herum gebildet hat. Der Innenraum des Generators wird durch Wasser von der Außenluft abgeschlossen. Hierdurch wird eine vollständige Vergasung der Briketts und ein staubfreies Aschezienen gewährleistet, indem von Zeit zu Zeit so viel Asche aus dem Wasser herausgezogen wird, daß die entsprechende Menge frischen Brennstoffes durch den Fülltrichter nachgegeben werden kann. — Um aus diesem Generator ein möglichst teerfreies Gas zu erhalten,

[1] Mitteil. techn. Gew. Wien 1908, 109.
[2] Braunkohle 8, 563.

wird auch über die Brennstoffsäule Luft eingeblasen und hierdurch außer der unteren eine obere Brennzone geschaffen. Da die richtige Luftverteilung auf die beiden Brennzonen ziemlich schwierig ist, so wird in der beschriebenen Weise nur bei ununterbrochenem Betriebe gearbeitet, während man im anderen Falle auf die obere Brennzone verzichtet. — Das so erzeugte Gas zeigt folgende mittlere Zusammensetzung:

4,0 bis 5,0% CO_2
28,0 „ 30,0% CO
1,0 „ 1,5% CH_4
16,0 „ 18,0% H.

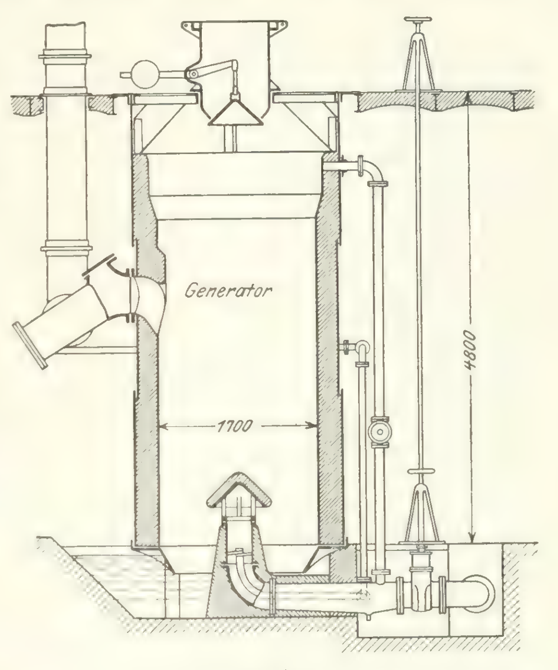


Fig. 141.

Bei dem Arbeiten mit zwei Brennzonen steigt der Gehalt an CO_2 bis auf 8%, während die CO-Menge dementsprechend fällt.

Versuche von *P. Fuchs*[1] zur Herstellung von Saugkraftgas mit Braunkohlenbriketts ergaben:

Braunkohlenbriketts aus dem Senftenberger Revier.

		1	2	3	4
Zusammensetzung	C	49,21		48,42	
	H	4,29		4,37	
	S	1,60		1,29	
	H_2O	13,18		11,50	
	Rückstand	4,57		4,93	
	O + N	27,15		24,49	
Heizwert	w	4718		4622	
Zusammensetzung des Saug-Kraftgases vor dem Motor	CO_2	11,91	9,35	11,49	9,50
	CO	15,18	17,34	16,39	19,35
	C_nH_{2n}	0,15	0.00	0,00	0,00
	H_2	26,71	25,18	26,99	24,80
	CH_4	2,24	2,11	2,80	1,19
	N_2	43,81	46,02	42,23	45,16
	H_2S	Spuren		Spuren	
	SO_2	0,00	0,00	0,00	0,00

Der Doppelgenerator für Lignit von *Lencauchez*[2] hat oben und unten Feuer, das Gas entweicht in der Mitte (Fig. 142). — Bei der Vor-

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, 145 u. 1272.
[2] Bull. industr. minérale 1904, 82 u. 99; vgl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, 1902.

richtung (Fig. 143) kommt das Gas aus dem Generator A, der mit Über- oder Unterdruck betrieben werden kann, und geht zunächst durch einen Koksrieseler B, der mit warmem Wasser beschickt wird. Dieses Wasser sammelt sich in dem Behälter C, aus dem es die Pumpe D zurückpumpt. Zugleich fördert die Pumpe auch auf den Rieseler E Wasser, welcher zur Vorwärmung und Sättigung der für den Generator bestimmten Luft, die mit 75° abgeht, dient. Das Gas wird nun durch das Gebläse F angesaugt, in diesem gleichzeitig gewaschen und in einen zweiten Koksrieseler G gedrückt. Dieser wird mit weniger warmem Wasser beschickt, welches mit 65° abfließt und sich im Behälter H sammelt; es wird durch die Pumpe J zurückgepumpt. Bei dieser Temperatur wird der Teer völlig ausgewaschen, so daß der dritte Rieseler K, der mit kaltem Wasser beschickt wird, nur als Kondensator und Kühler dient. Aus ihm wird das Gas mit 20° zu den Öfen oder zur Maschine entlassen, während das Waschwasser mit 40° in den Behälter L abläuft. Um die Temperaturen möglichst konstant zu halten, sind zur Beschaffung des Ersatzes alle drei Behälter C, H, L miteinander verbunden; das Wasser fließt aus L nach H und von hier nach C, was L zuviel erhält, geht durch den Überlauf M weg. Das aus E ablaufende Wasser wird dem dritten Behälter zugeführt. Der Teer wird durch Ventile und eine gemeinschaftliche Rohrleitung N abgezogen. — Will man eine Sulfatgewinnung mit dem Generator verbinden, wie sie die *Mond*schen Anlagen (S. 142) haben, so hat man den Rieseler G durch einen solchen aus glasierten Ziegeln zu ersetzen, der mit Schwefelsäure berieselt wird, die das Ammoniak auswäscht und sich mit Sulfat anreichert, welches ebenso wie bei den *Mond*schen Anlagen abgeschieden wird. Wendet man solche Anlagen für Koks oder Anthrazit an, so läßt man den mittleren Rieseler, der ja zumeist der Ausscheidung des Teeres dient, fort. Man hat dann in der Anlage der Rieseler B und E eine Einrichtung zur Vorwärmung und Sättigung der Luft, während der Rieseler K dem gewöhnlich für diese Brennstoffe angewendeten entspricht.

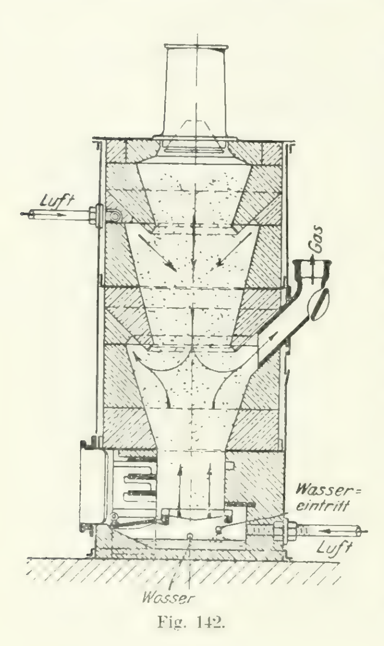


Fig. 142.

Beim Gaserzeuger mit oberer und unterer Feuerung werden nach *O. v. Horstig* (D. R. P. Nr. 164 804) die Gase durch ein zentrales Rohr H (Fig. 144) abgeführt. — Im Gaserzeuger mit seitlicher Absaugung hat die Luft das Bestreben, an der Schachtwand entlang zu gehen, wodurch starke Erhitzungen mit Anfressungen der Auskleidung einerseits und Anbacken von Asche und Koks andererseits hervorgerufen wird. Dies soll durch die zentrale

Absaugung vermieden oder wenigstens vermindert werden. — Ob sich diese Einrichtung praktisch bewährt, ist fraglich.

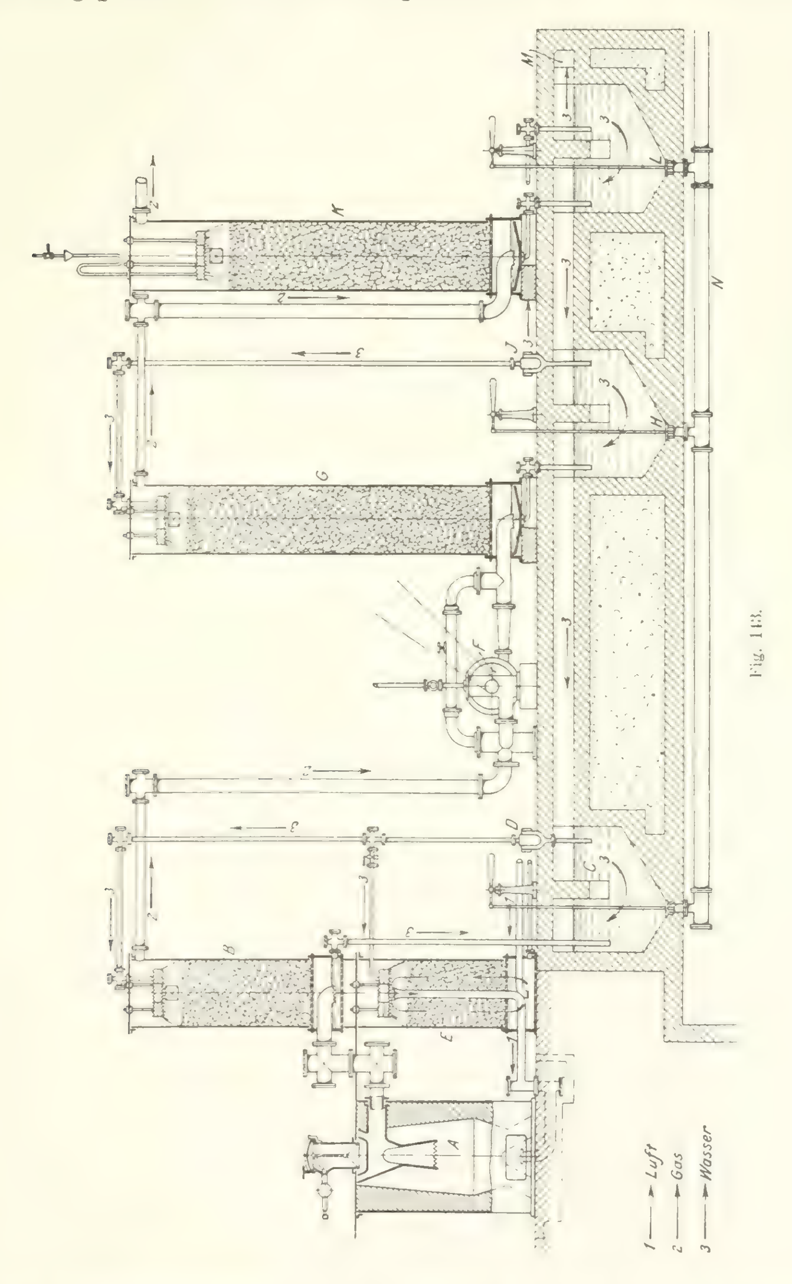


Fig. 113.

Der Sauggasgenerator zur Vergasung von Braunkohlen und Torf besitzt nach Mitteilung von *Julius Pintsch A.-G.* in seinem unteren und

auch in seinem oberen Teile eine Feuerzone; das fertige Gas wird in der Mitte des Generatorschachtes abgesaugt. In der oberen Feuerzone werden die Braunkohlenbriketts entgast. Es tritt hier aber gleichzeitig so viel Luft hinzu, daß die leicht flüchtigen Destillationsprodukte sofort verbrannt werden, die aber in der glühenden Kohlenschicht wieder reduziert werden. In der unteren Feuerzone, welche nur aus glühenden Koksstücken und Asche besteht, weil die Braunkohlenbriketts in der oberen Feuerzone schon vollständig entgast wurden, spielt sich derselbe Prozeß ab wie in den normalen Anthrazit- und Koksgeneratoren. Bei Braunkohlen, Holz und Torf kann man gewöhnlich nur wenig Wasserdampf zusetzen, da diese Stoffe an und für sich schon einen ziemlich hohen Wassergehalt besitzen. Es ist deshalb von der Anordnung eines besonderen Wasserverdampfers Abstand genommen; das erforderliche Verdampfungswasser wird unter den Rost geleitet, wo genügend Wärme für dessen Verdampfung vorhanden ist. Bei Vergasung eines Brennstoffes mit etwa 20% Wassergehalt ist der Zusatz von Wasserdampf überhaupt nicht mehr erforderlich. — Die heißen, aus dem Generator abziehenden Gase werden, bevor sie in den Skrubber gelangen, durch einen Luftvorwärmer geleitet, in welchem das Generatorgas heruntergekühlt und die für die Verbrennung der Destillationsprodukte benötigte Luft gleichzeitig bis auf etwa 200 bis 300° vorgewärmt wird. Der Wirkungsgrad des Generators wird durch die Anordnung eines solchen Luftvorwärmers um einige Prozent erhöht. — Folgende Tabelle zeigt die Zusammensetzung des Gases und den Wirkungsgrad eines 80 PS Braunkohlen-Generators bei verschiedenen Belastungen:

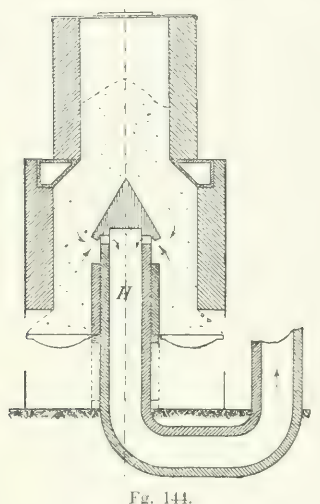


Fig. 144.

Gasmaschinenleistung in PS	Gaszusammensetzung CO_2	H_2	CO	Heizwert	Nutzeffekt
80	7,1	16,2	22,7	1120	78%
50	7,9	14,7	20,2	1000	74%
30	11,0	15,4	17,4	930	67%

Gaserzeuger für feuchte Brennstoffe. Während nach *Julius Pintsch A.-G.* (D. R. P. Nr. 209 387) bei *a* (Fig. 145) das fertige Gas austritt, strömt bei *b* die Luft ein, welche das obere Feuer, bei *c* diejenige, welche das untere Feuer erfordert. *d* ist die Trockenkammer, in welche oben bei *h* der frische, noch nasse Brennstoff aufgegeben wird. Das zur Vortrocknung dienende, von irgendeiner Wärmequelle kommende Gas wird bei *e* eingeführt. Der ausgetriebene Wasserdampf und das trocknende Gas steigen vermöge ihres Auftriebes zum Schornsteinrohr *f* hinaus. — Beachtenswert ist die Einschaltung eines durch den Druck des zuströmenden Gases betriebenen Strahl-

gebläses g in die Abzugsleitung. Die oben geschilderte Einrichtung hat nämlich den Nachteil, daß der im Schornsteinrohr herrschende Auftrieb nur eine sehr geringe Saugwirkung auf die Trockenkammer ausübt und daher nicht verhindern kann, daß ein Teil des trocknenden Gases nach unten, d. h. zur Feuerstelle b hin strömt, ihre Temperatur und damit die Qualität des erzeugten Gases vermindert.

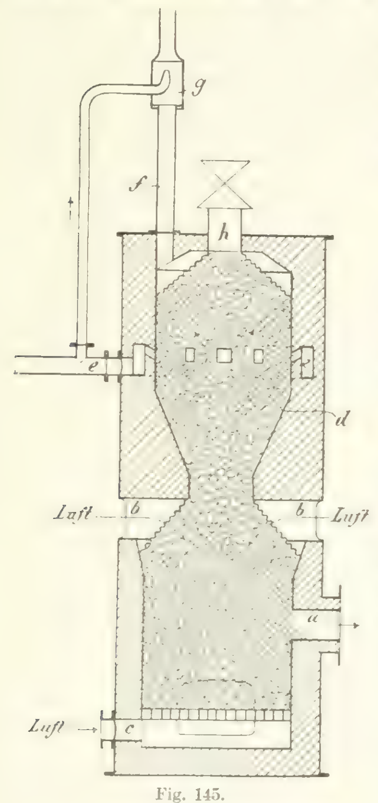


Fig. 145.

Kraftgasanlage für wasserhaltige Brennstoffe. Nach *F. Reichenbach* (D. R. P. Nr. 162 325) umspülen die Auspuffgase des Gasmotors a (Fig. 146) den Vorratsraum b des Generators C, wodurch die Kohle vorgetrocknet wird.

Zur Vortrocknung feuchter Brennstoffe werden diese nach *E. Weisse* (D. R. P. Nr. 202428) in den Behälter a (Fig. 147) gegeben, von wo aus sie auf mechanischem Wege oder selbsttätig einer Schale b zugeführt werden. Diese bildet mit ihrem Boden die obere Verschlußplatte des Gaserzeugerschachtes f und besitzt in der Mitte eine

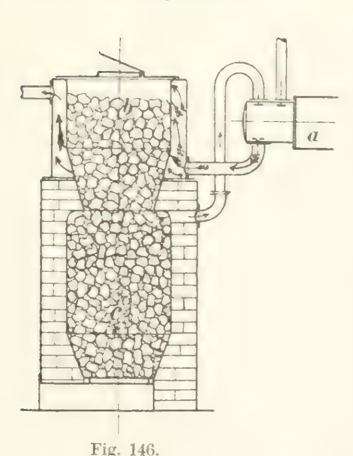


Fig. 146.

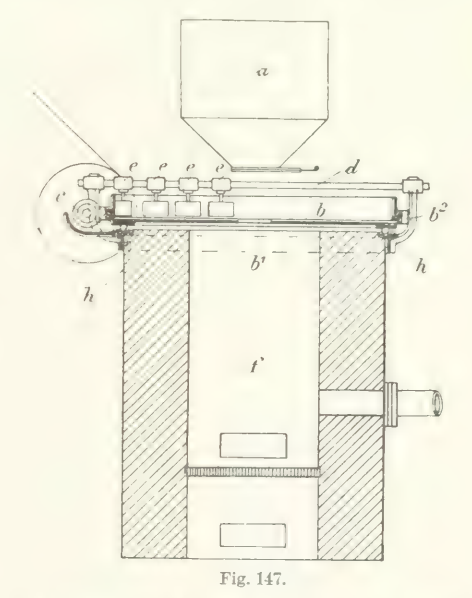


Fig. 147.

Einfallöffnung b^1. Sie ruht auf einem Kugelkranz h und wird mittels eines an ihr angeordneten Zahnkranzes b^2 und einer in diesen eingreifenden

Schnecke *c* in langsame Umdrehung versetzt. An einer quer über die Schale *b* gehenden Stange *d* sind Schaufeln *e* angebracht, welche den auf die Schale aufgebrachten Brennstoff wenden und bei entsprechender Schrägstellung allmählich nach der Mitte der Schale befördern, wo er durch die Öffnung b^1 in das Innere des Gaserzeugerschachtes fällt.

Nach *A. Jabs* (D. R. P. Nr. 206 576) schließen an den über einem treppenförmigen Rost *A* (Fig. 148) befindlichen Schachtteil *K* oben bei *E* und *F* Kanäle zum Abzug der Vergasungsprodukte an. Der Kanal *F* mündet in einen Schacht *B*, in welchen ein von fächerartigen Wandungen begrenzter Mittelschacht *C* eingebaut ist, der von Räumen *G* umgeben ist, die durch Querwände *H* abwechselnd durchsetzt werden. Der Brennstoff wird oben durch einen Trichter eingefüllt und sinkt durch

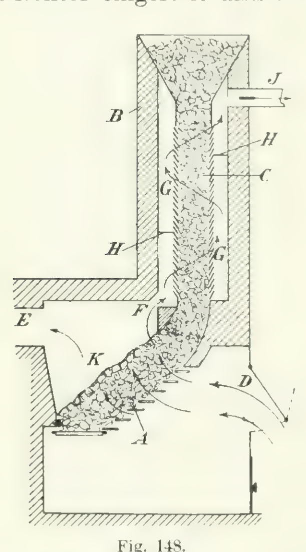


Fig. 148.

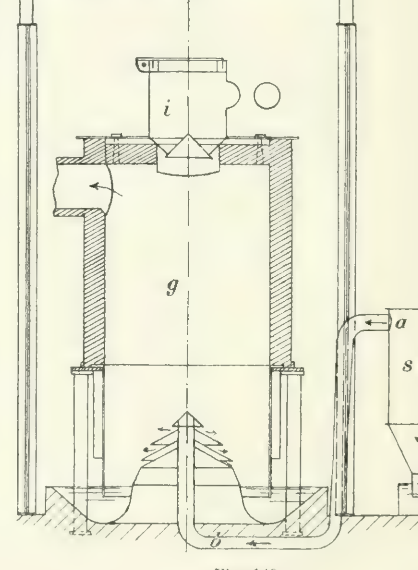


Fig. 149.

den Entgasungsraum *C* auf den Rost *A*. Der Querschnitt des Kanals *F* wird so eingestellt, daß die unten durch *F* nach *g* hindurchtretenden und oben bei *I* und *G* austretenden Gase hinreichen, den Brennstoff in *C* zu trocknen und zu entgasen, zu welchem Zwecke die Querwände *H* die aufsteigenden Gase nötigen, den Brennstoff in *C* in wechselnder Richtung *G-C-G* zu durchqueren, durch welche wiederholte Berührung der Gase mit dem Brennstoff eine Nutzung der Wärme und Ermäßigung der Abzugstemperatur der Gase erzielt wird, wobei Zersetzungen der Ammoniakverbindungen vermieden werden. Zur Ableitung der für Beheizungszwecke erforderlichen Gase sind Kanäle *E* an dem Verbrennungsraum vorgesehen.

Bei dem Generator für grubenfeuchte Brennstoffe von *A. Sattmann* (D. R. P. Nr. 217 203) hat die Trockenkammer eine Füllöffnung mit dem in einen Wasserverschluß tauchenden Deckel *w* (Fig. 149) und eine Entleerungsöffnung, welche durch den Deckel *d* luftdicht verschlossen werden kann, und ist durch eine Scheidewand *x*, welche eine Durchgangsöffnung frei läßt, in zwei Hälften geteilt, wodurch der Wind gezwungen wird, den gegichteten Brennstoff zu durchstreichen. In die Trockenkammer mündet das Zuleitungsrohr *z* und das Ableitungsrohr *a*. Das erstere erweitert sich kurz vor der Einmündung in die Trockenkammer zu einem Ventilkasten *p*, von welchem die Luftumleitung *u* abzweigt; diese mündet kurz hinter der Trockenkammer in einen an der Ableitung *a* angebrachten zweiten Ventilkasten *q*, von dem die Fortsetzung der Ableitung in den Staubsammler *s* und weiter durch das Rohr *b* in den Generator führt. Die Luft wird mit Hilfe der Ventile *v* entweder durch die geschlossene, mit feuchtem Brennstoff gefüllte Trockenkammer oder während der Öffnung derselben, bei ihrer Entleerung und Füllung, durch das Umführungsrohr *u* geleitet, so daß die Luftzufuhr niemals unterbrochen wird.

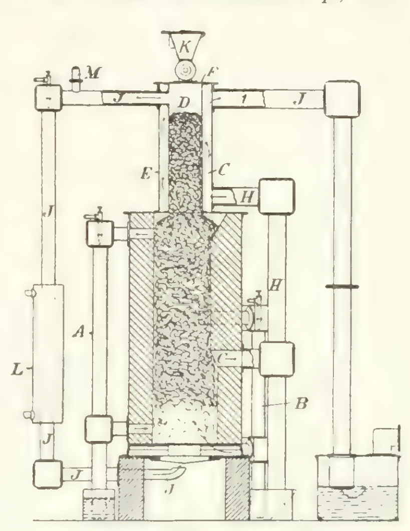


Fig. 150.

Der Generator von *Whitfield* für wasserreiche Brennstoffe hat nach *Gwosdz*[1] auf dem Vergasungsschachte den Trockenraum *D* (Fig. 150), der von einem Mantel *E* umhüllt ist. Durch den von diesem und dem Trockenzylinder *D* gebildeten Zwischenraum *G* strömt das fertige Generatorgas, welches durch die Rohre *C* und *H* zugeführt und durch Rohr *I* abgeführt wird. Der Raum *D* steht durch die Leitung *J* mit dem Rostraume in Verbindung. Das Verbindungsrohr *J* besitzt auf einem Teil seiner Länge einen mit Zufluß- und Abflußstutzen versehenen Kühlmantel *L*, so daß die durch Rohr *J* tretenden Wasserdämpfe je nach Erfordern mehr oder weniger kondensiert und abgeführt werden können. Damit jedoch die Hauptmenge der Destillationsprodukte nicht durch den Kühler zu strömen braucht, besitzt der Schacht noch eine Umführungsleitung *A* für die leichter flüchtigen und eine Umführungsleitung *B* für die weniger flüchtigen Kohlenwasserstoffe, die in der Glutzone des Gaserzeugers ausmünden.

Bei dem Gaserzeuger für Braunkohle oder Torf von *Cerasoli* (D. R. P. Nr. 162 500) wird der Brennstoff in einem dreiteiligen Schachtofen getrocknet und vergast.

[1] Braunkohle 8, 25.

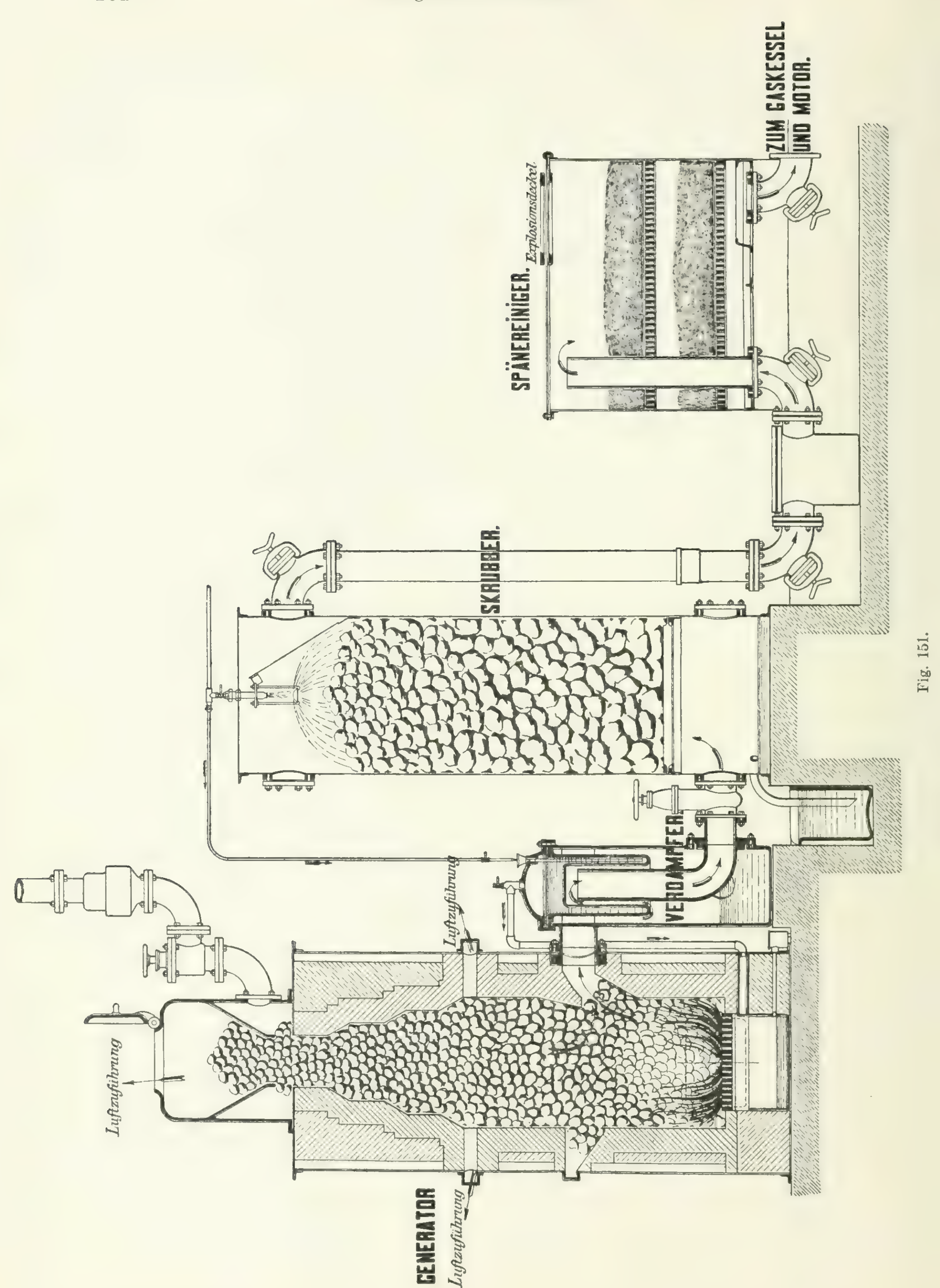

GENERATOR
Luftzuführung
Luftzuführung
Luftzuführung
VERDAMPFER
SKRUBBER.
SPÄNEREINIGER.
Explosionsdeckel
ZUM GASKESSEL
UND MOTOR.

Fig. 151.

Die Vergasung nasser Braunkohlen bespricht *A. Blezinger*[1]. Er empfiehlt einen Generator mit zentraler Gasabführung und ausfahrbarem Rost (D. R. P. Nr. 173 405 und 200 017).

Fig. 151 zeigt eine Anlage für Braunkohlenbriketts von *G. Luther A.-G.* (gef. Mitteilung vom 1. Oktober 1910).

Die Zusammensetzung des Gases aus Braunkohlenbriketts ändert sich nach *Braus*[2] mit der der verwendeten Kohle. Folgende Briketts:

Nr.	Herkunft	Feuchtigkeit	Asche	Schlacke	H	C	O+N	Heizwert
1	Lauchhammer (Lausitz) . .	11,30	5,56	1,04	4,41	49,90	27,79	4270
2	Bockwitz (Lausitz)	13,88	4,38	1,09	4,00	53,38	23,27	4580
3	Union (Rheinland)	12,81	5,79	1,0	4,55	54,73	21,12	4940
4	Ilona (Ungarn)	13,92	12,0	1,97	3,73	48,32	19,56	4300
5	Trendelbusch (Braunschweig)	15,28	8,82	2,54	5,03	52,05	16,28	5060
6	Riebeck Montan (Halle) . .	12,14	9,30	2,70	4,86	53,73	17,27	5130

lieferten Gase:

Nr.	CO_2	O	H	CO	CH_4	$C_6H_6 + C_2H_4$	N	Heizwert
1	9,2	0,2	14,9	21,2	1,3	—	52,9	1150
2	14,8	0,2	16,3	11,8	2,0	0,4	54,3	1030
3	8,1	—	16,2	19,5	2,8	—	53,4	1240
4	8,6	—	10,4	19,6	4,6	—	55,6	1270
5	12,2	—	17,3	15,6	2,4	—	52,4	1140
6	10,2	0,2	15,0	18,6	1,5	—	54,5	1100

J. Hofmann[3] gibt nachfolgende Mischgasanalysen von:

I. Braunkohle von Seegraben,
II. Bosnische Braunkohle,
III. Böhmische Braunkohle,
IV. Braunkohlenbriketts.

	I	II	III	IV
CO_2	2,8	5,5	4,0	3,4
CO	30,5	26,5	27,8	31,5
CH_4	2,0	1,5	1,2	2,5
C_nH_m	—	—	0,2	0,2
H	14,0	12,0	11,4	11,0

[1] Stahl u. Eisen 1906, 723.
[2] Sitzungsber. d. Hannov. Bez. deutsch. Ing. 1906.
[3] Stahl und Eisen 1910, 993.

Kraftgas aus Torf.

Neben dem Verfahren aus Torf durch Pressen und Darren einen wertvolleren Brennstoff herzustellen[1], wurde auch schon von *Broken* i. J. 1746 und 1786 von *Thillage* versucht, Torf zu entgasen.

R. Reece[2] entgaste Torf in einem Schachtofen, um Methylalkohol, Paraffin und Heizgas zu gewinnen. Bei Einrichtung einer derartigen Fabrik in Irland wurde Retortenverkohlung angewendet, bei welcher nach *Kane* und *Sullivan*[3] aus 1 t Torf 25 bis 27 l Teer mit 1,14 bis 1,36 k Paraffin und 13 bis 14 l Öle, ferner 3 hl wässeriges Destillat mit 2,5 k Ammoniak, 2,25 k Essigsäure und 3,6 k Methylalkohol, ferner 396 cbm Gas und 250 k Torfkohle erhalten wurden.

Wagenmann[4] erhielt aus 100 Tl. festen dunkelbraunen Stechtorf mit 33,58% Wasser, 6,76% Asche:

Kohle		27,70	
Ammoniakwasser		50,01 mit 0,32 NH_3	
Teer	Leichtes Öl	0,435	4,89
	Schweres Öl	1,103	
	Paraffinmasse	1,943	
	Teerkohle	1,105	
	Verlust	0,304	
Gase und Dämpfe		17,400	

H. Vohl[5] hat sich mit der Gewinnung von Paraffin, Turfol für Leuchtöl u. dgl. viel beschäftigt. Bei der Destillation aus eisernen Retorten wurden von Oldenburger und hannoverschen lufttrockenem Stichtorf folgende Produkte erhalten:

Torfphotogen (Turfol)	1,76%
Gas- oder Schmieröl	1,77%
Asphalt	1,56%
Paraffin	0,33%
Torfkohle	35,31%
Wasser, essigsäurehaltig	40,00%
Gas (für Unterfeuerung)	15,62%
Kreosot und Verlust	3,65%

---

[1] Vgl. *F. Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig 1897), Bd. 1, S. 429.

[2] Dinglers Polytechn. Journ. (1849) 113, 237; 114, 57.

[3] Dinglers Polytechn. Journ. (1856) 139, 291.

[4] Dinglers Polytechn. Journ. (1856) 139, 293; 140, 461; 151, 116.

[5] Dinglers Polytechn. Journ. (1856) 140, 63; (1859) 152, 390; 153, 228; (1867) 183, 321.

Für eine tägliche Verarbeitung von 15 t Torf berechnet er einen Reingewinn von 308 Mk.; er meint, „der Reingewinn ist ein enormer und grenzt ans Unglaubliche".

Auch *Heß*[1] will Torf wesentlich auf Paraffin und Öle verarbeiten; desgl. *Williams*[2], *Thenius*[3], *Breitenlohner*[4], *Jacobi*[5]. Alle diese Verfahren endeten mit Verlust.

In einer großen Torfverkohlungsanlage bei Paris wurden die Destillationsgase lediglich zum Heizen der Verkohlungsöfen verwendet. *K. Karmarsch*[6] bemerkt dazu, daß eine entsprechende Anlage bei Bremervörde in Betrieb sei. Im Torfwerke Staltay wurde nach *Vogel*[7] geformter Torf in eisernen Röhren verkohlt.

Ekelund[8] wollte vorgetrockneten Torf verkohlen, dann zu Briketts formen. Die Herstellung von 8000 t Kohle sollte 35 000 Mk. Reingewinn abwerfen; das Verfahren wurde als verlustbringend bald wieder aufgegeben.

K. Birnbaum[9] schlug bereits vor, die in der Paraffinindustrie gebräuchlichen stehenden Retorten für die Entgasung von Torf zu verwenden. *M. Ziegler*[10] hat dieses Verfahren in mannigfacher Weise verändert. Für eine Fabrik mit zwölf Öfen bei 900 000 Mk. Anlagekapital für 40 000 t lufttrockenen Torf werden folgende Angaben gemacht:

Einnahme:

14 000 t	Torfkohle	zu je	40 Mk.	= 560 000 Mk.
160 „	Paraffinschuppen	„ „	450 „	= 72 000 „
920 „	Gasöl	„ „	100 „	= 92 000 „
200 „	Kreosotöl	„ „	40 „	= 8 000 „
160 „	Ammoniumsulfat	„ „	200 „	= 32 000 „
240 „	essigsaurer Kalk	„ „	120 „	= 28 800 „
80 „	Methylalkohol	„ „	700 „	= 56 000 „
				848 000 Mk.

Das Anlagekapital soll sich mit 40% verzinsen. — An eine derartige Einnahme ist gar nicht zu denken.

Eine *Ziegler*sche Anlage in Redkino (Rußland) hat nach *R. Glasenapp*[11] vollständig Fiasko gemacht. — *L. C. Wolff*[12] berichtet über Versuche, welche

[1] Dinglers Polytechn. Journ. (1859) 153, 380; 168, 295.

[2] Dinglers Polytechn. Journ. (1860) 162, 398; 170, 107 u. 361.

[3] Dinglers Polytechn. Journ. (1863) 169, 363; 170, 236 u. 961.

[4] Dinglers Polytechn. Journ. (1863) 167, 378; 171, 59; 175, 459.

[5] Dinglers Polytechn. Journ. 168, 311.

[6] Mitteil. hannov. Gew. 1855, 334.

[7] Dinglers Polytechn. Journ. (1859) 152, 272.

[8] D. R. P. Nr. 53 617, 63 407, 77 638; Fischers Jahresber. 1894, 23; *H. Ekelund:* Die Herstellung komprimierter Kohle aus Brenntorf (Leipzig 1892).

[9] *C.* und *K. Birnbaum:* Die Torfindustrie (Braunschweig 1880), S. 235.

[10] D. R. P. Nr. 70 010, 101 482, 102 233, 103 507, 144 149; Zeitschr. f. angew. Chemie 1897, 772; 1901, 8; Fischers Jahresber. 1893, 13; 1896, 18; 1897, 21; 1899, 28; 1901, 8; 1903, 10.

[11] Rigasche Ind.-Ztg. 1901, 196; 1903, 270.

[12] Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. 1903, 295; Fischers Jahresber. 1903, 9; 1904, 9.

im Auftrage des preußischen Ministeriums an einem *Ziegler*schen Ofen in Oldenburg ausgeführt wurden. Die Versuche wurden ohne Sachkenntnis gemacht; die Berechnungen von *Wolff* sind falsch.

Das Beuerberger Werk der *Oberbayerischen Kokswerke* zur Verarbeitung von Torf nach *Ziegler* ist mit Paraffinfabrik verbunden[1]; mit welchen Erträgen ist nicht bekannt.

A. Jabs[2] empfiehlt sein Verfahren zur Torfdestillation (D. R. P. Nr. 165 611); seine Berechnung der voraussichtlichen Erträge sind mit Vorsicht aufzunehmen.

Auf die zahlreichen patentierten Apparate zur Verkohlung von Torf[3] muß verwiesen werden. Sie werden nur da vorteilhaft sein, wo aschenarmer Torf billig zu haben und Torfkohle gut verkäuflich ist.

Die Herstellung von Leuchtgas aus Torf nach Art der Holzgasfabrikation[4] besprechen *Reissig*[5], *Schilling*[6], *Gräser*[7], *Marsilly*[8], *Thenius*[9], *Stammer*[10].

Torfgasgeneratoren wurden bereits i. J. 1842 von *Ebelmen*[11] eingeführt. *Lencauchez*[12] gibt von Torfdestillationsgas (I) und von Torfgeneratorgas (II) folgende Analysen:

	I	II
Kohlensäure	14,0	2,0
Kohlenoxyd	30,0	34,0
Methan	7,0	1,0
Äthylen	2,5	0,4
Kohlenwasserstoffdämpfe	1,5	0,2
Wasserstoff	40,0	5,8
Stickstoff	5,0	56,6

Dieser Generator wurde, wie auch die in Schweden gebräuchlichen[13], ohne Wasserdampfzuführung betrieben.

---

[1] Fischers Jahresber. 1907, 14.

[2] *A. Jabs:* Torfdestillation und Torfverwertung (Berlin 1907); Derselbe: Torfkoks und Kraftgas (Berlin 1908).

[3] D. R. P. Nr. 16 961, 29 888, 52 237, 53 776, 59 237, 59 455, 67 099, 78 312, 85 837, 88 947, 98 007, 111 288, 112 932, 113 024, 114 551, 115 254, 128 862, 132 961, 133 832, 136 995, 141 582, 141 807, 144 946, 169 574, 169 924, 172 677, 173 237, 175 786, 176 364, 176 365, 177 980, 186 935, 192 152, 196 603, 196 935, 213 852.

[4] Dinglers Polytechn. Journ. (1857) 145, 21.

[5] Dinglers Polytechn. Journ. (1859) 151, 126; *Reissig:* Handbuch für Holz- und Torfgas-Beleuchtung (München 1863).

[6] Dinglers Polytechn. Journ. (1859) 152, 352.

[7] Bayer. Kunst-Gew. 1858, 670.

[8] Dinglers Polytechn. Journ. (1862) 166, 231.

[9] Polytechn. Centralbl. 1864, 1657.

[10] Dinglers Polytechn. Journ. (1864) 174, 126.

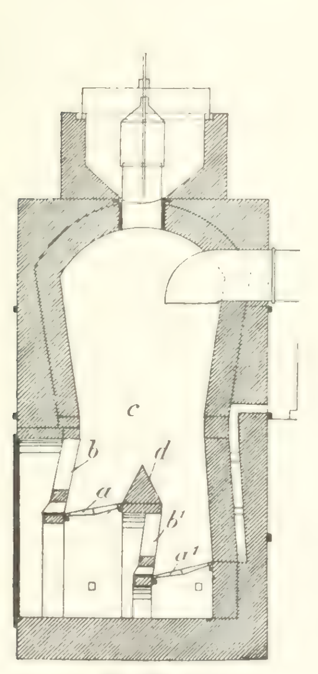
[11] Annal. mines IV, 3, 167; 5, 79.

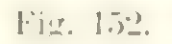
[12] *A. Lencauchez:* Étude sur les combustibles (Paris 1878), S. 69 u. 71.

[13] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig 1901), Bd. 2, S. 313 bis 321.

Torfgas für Gasmotoren wurde bereits i. J. 1883 in Düneberg bei Hamburg angewendet[1]. Von neueren Vorschlägen seien folgende erwähnt:

Nach *M. Ziegler* (D. R. P. Nr. 120 051) besteht jeder der Roste aus einem nach vorn etwas abfallenden Planrost a bzw. a^1 (Fig. 152) und einem aus stehenden Schamottestäben gebildeten, nach unten etwas schräg vorspringenden Hilfsroste b bzw. b^1. Durch diese schräge Lage des Plan- und des Hilfsrostes wird die Rostfläche vergrößert und der Abfall der Asche beträchtlich erleichtert. — Der Füllbehälter c des Gaserzeugers ist am unteren Ende durch eine Scheidewand d in zwei Teile geteilt, von denen der eine seinen unteren




Fig. 152.

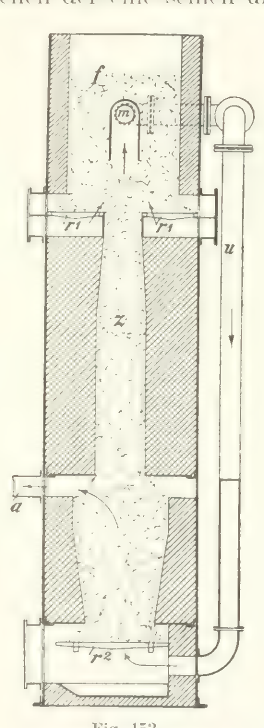


Fig. 153.

Abschluß durch den Rost $a\,b$, der andere durch den Rost $a^1\,b^1$ erhält. Der Rost $a^1\,b^1$ befindet sich unterhalb der Wand d und liegt demnach unterhalb des Rostes $a\,b$. Beide Roste sind auf diese Weise für die Bedienung des Gaserzeugers gleichmäßig zugänglich.

Der Schachtofen zur Vergasung von Torf und ähnlichen Stoffen zur Gewinnung von Kraftgas, Ammoniumsulfat, Methylalkohol und Teer von *Fleiß, Reddig* und *Ziegler* (D. R. P. Nr. 164 438) ist dadurch gekennzeichnet, daß die den unteren Schacht umschließenden und mit Luftschlitzen versehenen Wände einen Korbrost bilden, durch dessen Schlitze Luft eingeführt wird.

[1] Gewerbebl. a. Württemberg 1885, 34; vgl. auch *A. Hausding:* Handbuch der Torfverwertung (Berlin 1904), S. 424.

Gaserzeuger mit oberer und unterer Luftzuführung. Nach *Gebr. Körting A.-G.* (D. R. P. Nr. 164 571) strömen die in der oberen Brennzone abgeschiedenen bzw. durch teilweise Verbrennung des in den Füllschacht *f* (Fig. 153) eingeschütteten Brennstoffes entstehenden Gase in bekannter Weise (vgl. S. 154) durch den eigentlichen Schacht *z* selbst und den in diesem enthaltenen, bereits verkokten glühenden Brennstoff abwärts dem in der Mitte angeordneten Gasabzug *a* zu. Im unteren Teil des Gaserzeugers ist ein Rost r^2, im oberen Teil sind zwei wagerechte Roste r^1 einander gegenüber angeordnet. Die Aschenfälle der letzteren sind als Kästen ausgebildet, welche die Roststäbe tragen und auf einem Vorsprung des Schachtmauerwerkes ruhen, so daß man durch Verschieben der Kästen die Feuerstellen mehr oder weniger in den Kegel des durch den Füllschacht *f* zugeführten Brennstoffes verschieben kann. Von den beiden oberen Rosten r^1 kann der eine auch fortbleiben; auch kann man drei oder mehr solche Roste anbringen. Die Roste können entweder wagerecht, wie dargestellt, oder auch etwas schräg vorgebaut sein. — Ein Teil der im oberen Teile des Schachtes entstehenden Schwelgase kann bei *m* abgesaugt und in bekannter Weise durch ein Umführungsrohr *u* der unteren Verbrennungsstelle zugeführt werden.

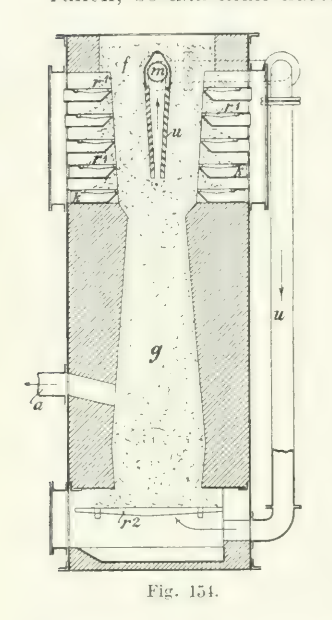


Fig. 154.

Nach ferneren Angaben derselben *A.-G.* (D. R. P. Nr. 176 645) wird der Generatorschacht *g* (Fig. 154) unten durch den das Unterfeuer tragenden Rost r_2 abgeschlossen; in gewisser Höhe über diesem liegt der Gasabzug *a* und unterhalb dieses Rostes r_2 mündet das Umführungsrohr *u* aus, dessen Einmündungsstelle *m* im oberen Teile des Gaserzeugers liegt. Diese Einmündung *m* ist in Form einer sich nach unten verengenden Kammer ausgebildet, deren Seitenwände *w* rostartig durchbrochen sind. Gegenüber diesem zur Abführung der Schwelgase dienenden Roste *w* liegen in einer Reihe von übereinander angeordneten Kästen *k* die wagerechten oder nur schwach geneigten Lufteinführungsroste r_1. Diese Roste springen beispielsweise in den oben erweiterten Innenraum des Generatorschachtes vor, so daß sie von dem sich an den eigentlichen Generator bei *f* anschließenden Füllschacht aus beständig mit Brennstoff beschickt werden, der auf diesen Rosten durch die von außen zugeführte Luft zu seinem wesentlichen Teile zu Kohlensäure und Wasserdampf verbrannt wird. Die sich entwickelnden erhitzten Verbrennungsgase durchziehen die Brennstoffsäule, welche in den beiden Längshälften des Schachtes zwischen den Rosten r_1 und den durchbrochenen Wänden *w* der Kammer *m* langsam herabsinkt und dadurch allmählich erhitzt, getrocknet und schließlich unter Austreibung der flüchtigen Bestandteile verkokt wird.

Fig. 154a zeigt eine entsprechende Torf-Sauggasanlage von *Gebr. Körting.*

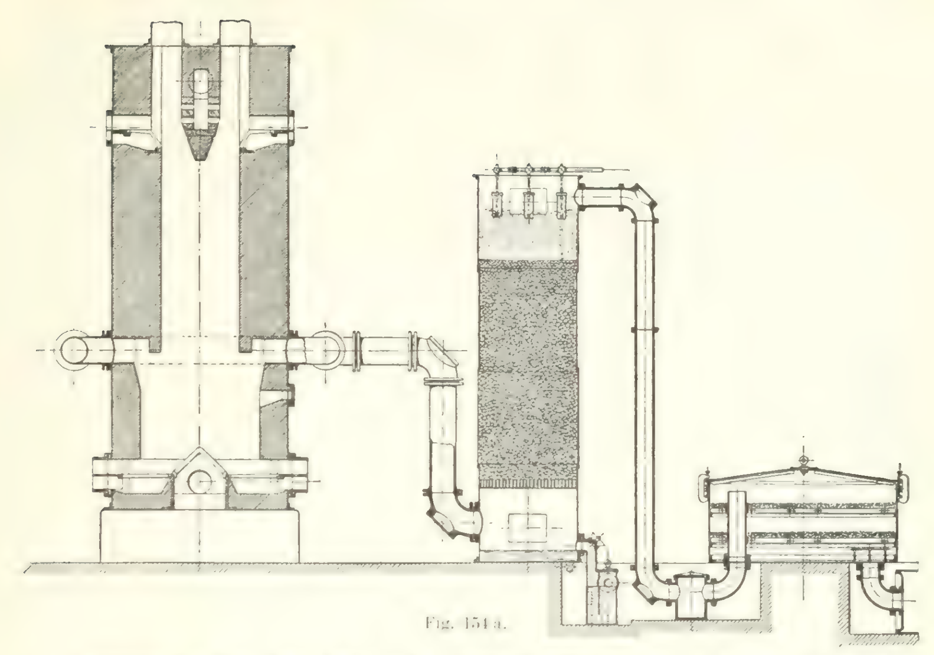


Fig. 154 a.

Besonders bei nassem Torf werden nach *Gebr. Körting* (D. R. P. Nr. 202 375) die in der oberen Feuerung des Gaserzeugers durch Verbrennung gewonnenen Gase nach außen zur Kühlung und zu dem Rost der unteren Feuerung geleitet und so der Reduktionszone des Gaserzeugers zugeführt. Der über dem Rost *h* (Fig. 155) liegende Koksvergasungsschacht *e* mit dem Gasabzuge *d* ist von den beiden oberen Rosten *a*, *b* für die Schwelgaserzeugung durch einen längeren Zwischenschacht *c* getrennt. Die durch *f* abgeführten Schwelgase werden in Rohr *g* durch im Mantel *i* aufsteigende Luft gekühlt.

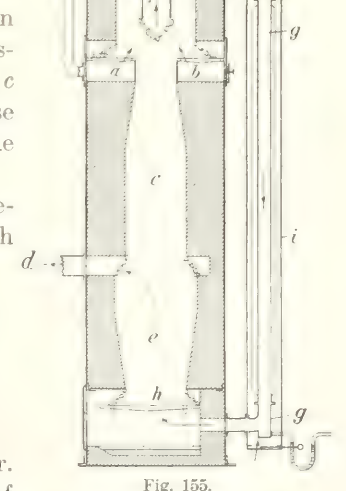


Fig. 155.

Analysen von Torfgas aus *Körting*schen Generatoren ergaben nach *Brauß*[1] (I) und nach *J. Körting* (II):

	I	II
Kohlensäure	11,2	16,0
Kohlenoxyd	17,0	12,3
Methan	6,2	1,9
Wasserstoff	5,9	22,4
Sauerstoff	0,3	0,2
Stickstoff	59,4	47,1

Nach *E. Stauber* und *R. Buch* (D. R. P. Nr. 176 233) wird der Schacht *a* (Fig. 156) mit Torf beschickt, dieser entzündet und so lange angefacht, bis die untersten Schich-

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, 917.

ten glühend werden. Der sich infolge der Wärmeentwicklung in dem Behälter *f* bildende Dampf bläst durch die Düse *j* in den Stutzen *h* ein und saugt hierbei durch die entsprechend eingestellte Rosette die Luft an. Das entwickelte Gas gelangt in das Rohr *k* und wird durch dieses hindurch dem Sammelrohr *l* zugeführt. Gleichzeitig tropft aus dem Rohr *r* beständig Wasser in das Rohr *k*. Ein Teil der Teerdämpfe schlägt sich nieder und fließt durch das Rohr *s* in den Behälter *v* ab. Beim Durchgang der Gase durch den im Schacht *a* liegenden heißen Rohrstrang soll eine Zersetzung der im Gas noch vorhandenen Teerdämpfe stattfinden. (?)

Der Gaserzeuger für Torf u. dgl. von *P. Hoering* und *W. Wielandt* (D. R. P. Nr. 176 231) besteht aus einem Vergaser *a* (Fig. 157) und einem Retortenofen *b*, in welchen der zunächst zu entgasende bzw. zu verkokende Brennstoff durch einen Trichter *c* aufgegeben wird. Zwischen dem Retortenofen und dem Vergaser ist ein Schieber *d* od. dgl. angeordnet. In den kegelförmigen Teil ragt ein mittleres Rohr *r* hinein, durch welches die aus dem Brenn-

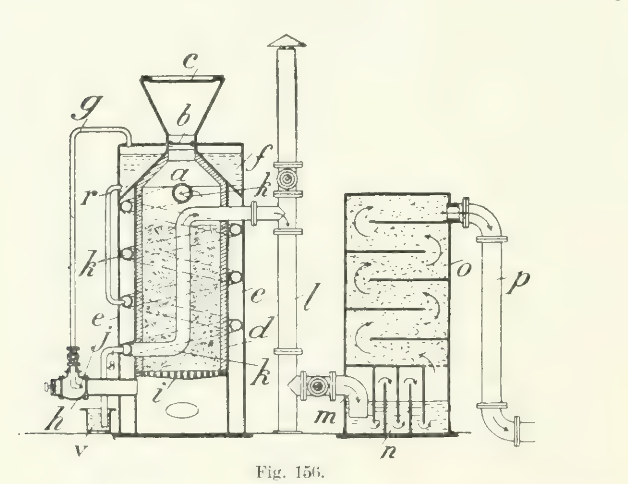


Fig. 156.

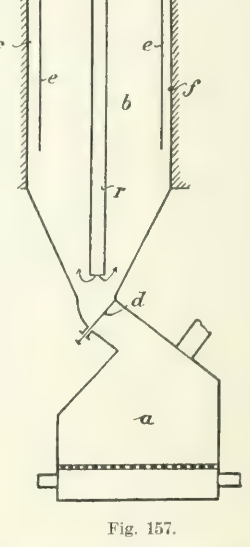


Fig. 157.

stoff in der kälteren Zone der Retorte entwickelten Wasserdämpfe abwärts geleitet und gezwungen werden, auf dem Wege zu den durch Scheidewände *e* abgeteilten Kanälen *f* den glühenden, bereits entgasten Brennstoff zu passieren. Die Wasserdämpfe nehmen dabei die in dem verkokten Brennstoff enthaltene Wärme auf und geben sie in den Kanälen *f* durch die Scheidewände *e* zum Teil an den Inhalt der Retorte wieder ab.

Das Verfahren zur Vergasung von Torf und ähnlichen Stoffen der *Oberbayerischen Kokswerke* (D. R. P. Nr. 213 852) ist dadurch gekennzeichnet, daß drei Gasgeneratoren so nacheinander beschickt werden, daß der eine heiß geht, der zweite sich im normalen Zustande befindet, während der dritte den frischen Brennstoff erhält, wobei der Betrieb so geleitet wird,

daß der in dem frisch beschickten Generator entwickelte Wasserdampf in die glühende Brennstoffschicht des am heißesten gehenden Generators geschickt wird und hier mit den glühenden Kohlen Wassergas bildet, während die aus dem Teer aufsteigenden Teer- und Ammoniakdämpfe gesondert aufgefangen werden. — Jeder Generatorschacht ist außer der Füllvorrichtung a (Fig. 158 bis 160) mit einem Gasabzugsrohr b und einem Abzugsrohr c versehen. — Die Gasabzugsrohre b von I, II und III sind durch Glocken verschließbar und vereinigen sich in dem Kasten d, an welchem sich die Kondensation und der Gaswäscher anschließen. Die Abzugsrohre c lassen sich durch die Ventile e und f mit dem Ringrohr g bzw. mit dem ins Freie führenden Rohr h in Verbindung bringen. Von dem Ringrohr g gehen Rohre i zu den Unterwind-

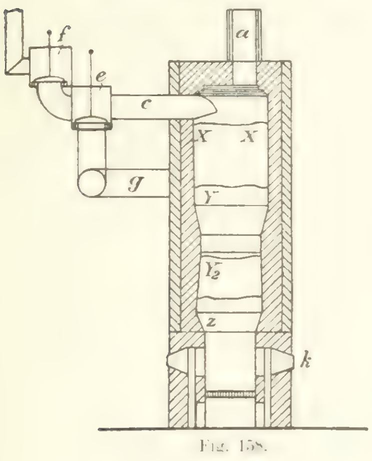


Fig. 158.

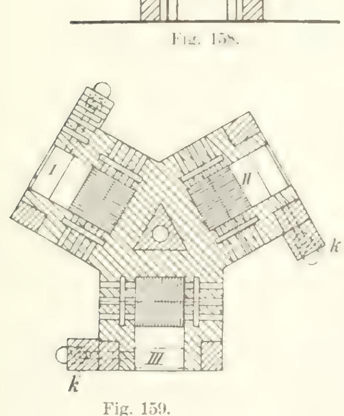


Fig. 159.

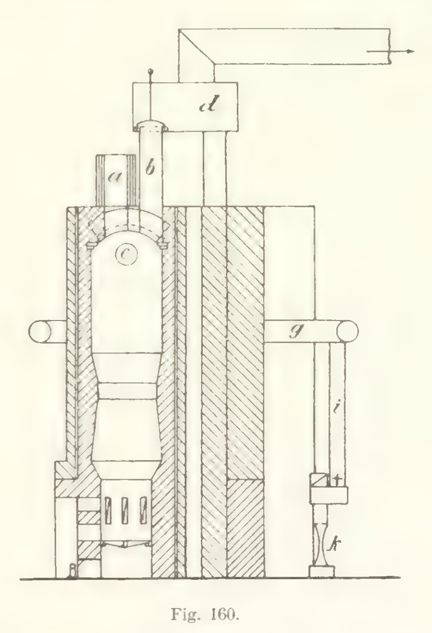


Fig. 160.

gebläsen K, so daß aus jedem der drei Retortenschächte die Unterwindgebläse saugen können. — Nachdem alle drei Schächte nacheinander in Betrieb gesetzt sind, wird der Inhalt von Schacht I bis zur Zone z zuerst heruntergesunken sein. Das Unterwindgebläse K wird abgestellt, Rohr b nach d hin abgesperrt, Glockenventil e_1 bleibt geschlossen und ein kleines Gebläse im Abzugsrohr h_1 wird angestellt. Jetzt öffnet man a_1 und füllt den Generatorschacht I bis x mit frischem Torf, worauf a_1 geschlossen wird. In Schacht II ist unterdessen das Material bis y_2 und in Schacht III bis y_1 gesunken. Schacht II ist in höchster Glut und Schacht III im normalen Betriebe. Von Schacht I wird nun f und e umgestellt und das Unterwindgebläse durch Öffnen der

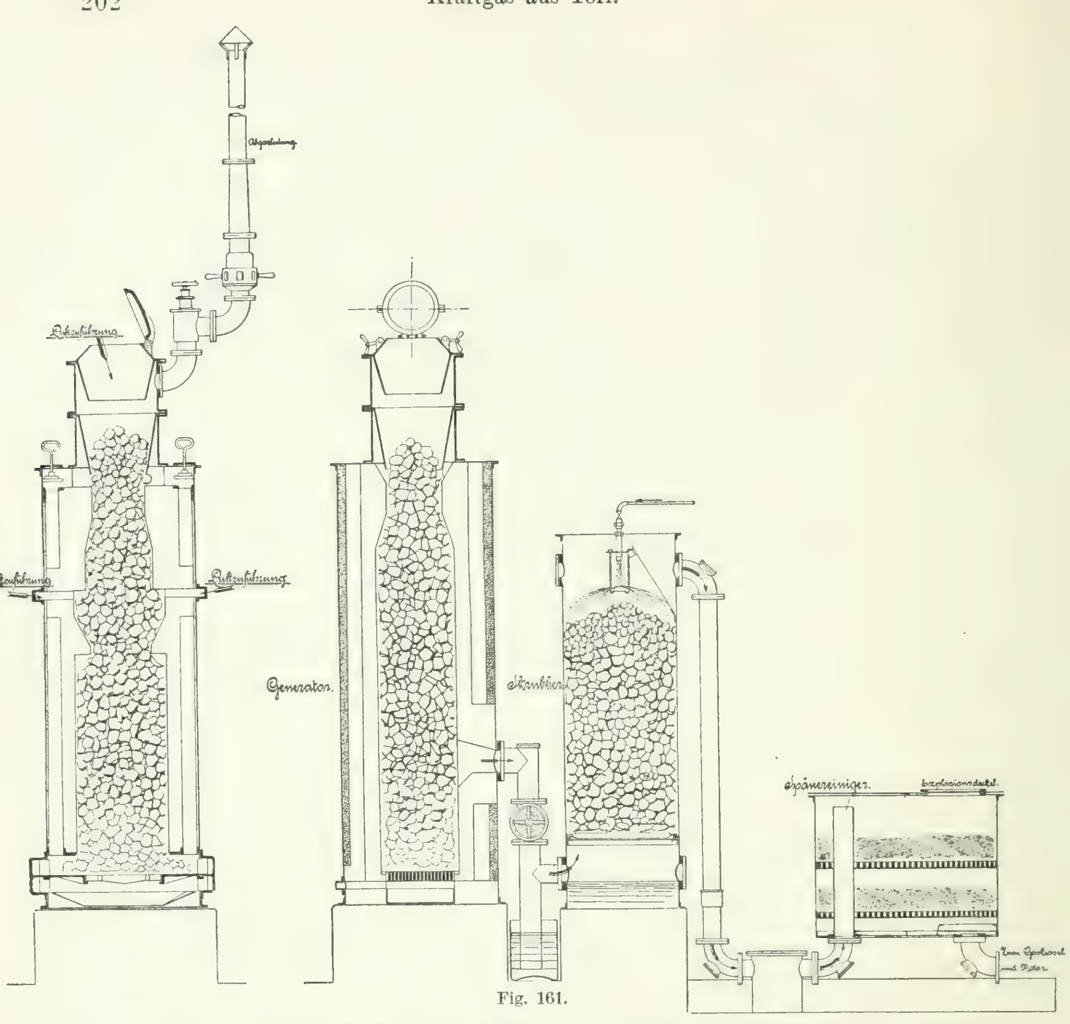


Fig. 161.

Drosselklappen des Rohres i in direkte Verbindung mit Schacht I gebracht, so daß die in I gebildeten Wasserdämpfe durch die glühende Koksschicht von Schacht II hindurchgeblasen und in Wassergas umgesetzt werden. Nach einer gewissen Zeit ist der in Schacht I befindliche Torf entwässert und wird dieser Schacht direkt mit eigenem Unterwindbetrieb durch Rohr b_1 an die Kondensation angeschlossen usf. In bestimmten Perioden werden die Füllungen der einzelnen Schächte vorgenommen; der in normaler Füllung arbeitende Schacht liefert stets Zersetzungswasser, so daß die im Torf enthaltenen wertvollen Bestandteile als Teer, Ammoniak, Essigsäure und Methylalkohol gewonnen werden können. Das Generatorgas läßt sich durch Wäscher reinigen, um es in Gasmaschinen direkt verwenden zu können.

Fig. 161 zeigt eine Anlage für Torfgas von *G. Luther A.-G.* (gef. Mitteilung vom 1. Oktober 1910).

Nach Mitteilung der *Gasmotorenfabrik Deutz* eignet sich Torf mit einem Wassergehalt von weniger als 22% zur Vergasung im Doppelfeuergenerator (vgl. S. 155), wobei reines Generatorgas erzielt wird, weil das bituminöse Vergasungsprodukt der oberen Feuerzone durch die Berührung mit dem gebildeten glühenden Koks in permanentes Gas verwandelt wird. Bei einigen dieser „trockenen" Torfsorten ist der Betrieb des Doppelfeuergenerators aber erschwert durch ungünstige Struktur des Materials (zu feines und lockeres Gefüge od. dgl.). Torf mit einem Wassergehalt von mehr als 22% wird nur im Einfeuergenerator vergast, da eine zweite (obere) Brennzone wegen der in ihr stattfindenden Wasserzersetzung und folglich starken Abkühlung nicht bestehen kann. Das im Einfeuergenerator erzeugte Torfgas ist stark mit bituminösen und teerigen Bestandteilen versetzt. Deshalb macht sich zum dauernden Motorenbetrieb außer der normalen noch eine besondere Reinigungsvorrichtung nötig.

Im Januar 1902 ausgeführte Versuche mit Stichtorf aus Hannover (I) und Torf aus Giengen (II) folgender Zusammensetzung:

	I	II
Kohlenstoff	41,46	30,30
Wasserstoff	3,88	2,71
Sauerstoff und Stickstoff	18,85	17,63
Schwefel	0,25	0,16
Asche	3,26	4,78
Wasser	32,30	44,42

ergaben nach Angabe derselben Firma je 1 k Torf 1,9 cbm (I) und 1,3 cbm (II) Kraftgas folgender Zusammensetzung:

	I	II
Kohlensäure	5,7	6,0
Kohlenoxyd	30,6	30,0
Methan	5,1	2,4
Wasserstoff	6,1	10,0

Versuche mit festem Torf aus Bethel bei Bielefeld (I), Torfbriketts aus Holland (II) und hartem Torf aus Schwenzelmoor (III) im Doppelgenerator ergaben Gase folgender Durchschnittszusammensetzung:

	I	II	III
Kohlensäure	11,5	14,3	12,2
Kohlenoxyd	53,4	13,7	15,6
Methan	1,4	3,5	0,7
Wasserstoff	16,1	16,2	17,0
Stickstoff	17,6	Rest	Rest

Bei dem Generator für Torf und Holz der *Görlitzer Maschinenbauanstalt*[1] erfolgt die Verbrennung von oben nach unten (Fig. 162). Die nach unten ziehenden Schwelgase werden in der Vergasungszone zersetzt. Das Gas wird in der Mitte der Vergasungszone abgeführt (vgl. S. 192). Bei einer Anlage

[1] Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1910, 299.

in Jekaterinburg schwankten bei nassem Torf die Gasanalysen zwischen folgenden Werten:

Kohlensäure	17,0 %	und	15,0 %
Schwere Kohlenwasserstoffe	0,4 %	„	0,2 %
Sauerstoff	1,5 %	„	0,4 %
Kohlenoxyd	8,8 %	„	9,45%
Methan	1,87%	„	4,22%
Wasserstoff	16,95%	„	16,55%
Stickstoff	53,48%	„	53,38%

Die Gasanalysen bei der Vergasung von frisch gefälltem Tannen- und Erlenholze schwankten zwischen folgenden Werten:

Kohlensäure	16,8 %	und	20,0 %
Schwere Kohlenwasserstoffe	0,1 %	„	0,1 %
Sauerstoff	0,1 %	„	0,2 %
Kohlenoxyd	13,72%	„	10,25%
Methan	1,89%	„	3,2 %
Wasserstoff	19,00%	„	14,6 %
Stickstoff	50,29%	„	51,65%

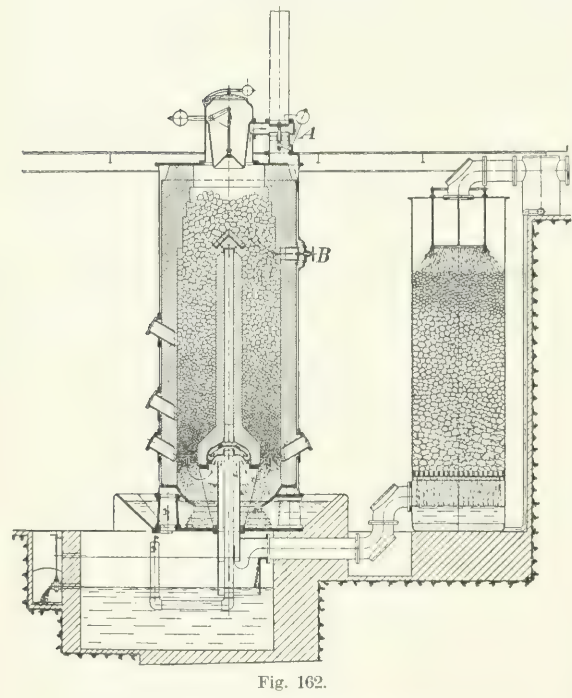


Fig. 162.

A. Frank empfiehlt in verschiedenen Schriften[1] die Vergasung von Torf zum Betriebe von Gasmotoren für große elektrische Kraftwerke. Bei der Vergasung von Torf in *Mond*schem Generator (S. 144) in Winnington ergab nach *Caro* 1 t Torf (Trockensubstanz) mit 15% Asche 1780 cbm Gas von 1360 w Brennwert und 55 k Ammoniumsulfat. In den *Mond*schen Werken in Stockton ausgeführte Versuche mit Torf, welcher 42 bis 47% Wasser enthielt, ergaben Gase von:

17,4 bis	18,8	Vol.-%	Kohlensäure,
9,4 „	11,0	„	Kohlenoxyd,
22,4 „	25,6	„	Wasserstoff,
2,4 „	3,6	„	Methan,
42,6 „	46,6	„	Stickstoff.

Gas aus Torf mit 65 bis 70% Wassergehalt enthielt mehr Kohlensäure. Der bei dem Betrieb in Sodingen vergaste Torf, welcher 1,05 Stickstoff enthielt, lieferte bis zu 40 k schwefelsaures Ammonium für 1 t. Eine in Stockton vergaste kleinere Partie Lebertorf mit 2,8% Stickstoffgehalt in der Trocken-

[1] Vgl. Zeitschr. f. angew. Chemie 1904, 290; 1907, 1595; 1908, 1599.

substanz ergab nach *Caro* sogar 110 k schwefelsaures Ammoniak für 1 t, entsprechend 83% des Gesamtstickstoffgehaltes.

Nach *Frank* besitzt Deutschland noch nahezu in allen seinen Landesteilen unkultivierte Moorflächen von großer Ausdehnung, von deren insgesamt auf 400 Quadratmeilen = rund 2 250 000 ha geschätzter Fläche allein auf die Provinz Hannover 100 Quadratmeilen, auf Oldenburg 70, auf Pommern 55, auf Ostpreußen 35, auf Rheinland nur im Gebiet der Eifel und der hohen Venn 17, auf Bayern 15 und auf Württemberg 8 Quadratmeilen entfallen. Die Torfmasse einer Quadratmeile = 5625 ha Moor bietet aber bei 3 m Mächtigkeit das Heizmaterial für Gewinnung von rund 3 Mill. Jahrespferdekräften.

Kraftgas aus Holz.

Die bei der Entgasung von Holz (S. 36) erhaltenen Gase haben sehr verschiedene Zusammensetzung nach Art des Holzes und der Erhitzung, wie schon *Reissig*[1] fand. Fichtenholz ergab z. B. beim Entgasen in Gasretorten:

	I	II
Schwere Kohlenwasserstoffe . . .	7,7	10,6
Methan	9,5	21,5
Wasserstoff	18,4	32,7
Kohlenoxyd	61,8	27,1
Kohlensäure	2,2	4,9
Stickstoff	0,4	1,2

Hier war offenbar die Kohlensäure durch die glühende Kohle reduziert, während die beim Destillieren von Buchenholz vom Verf.[2] untersuchten Gase sehr viel Kohlensäure enthielten. Als Kraftgas werden diese Gase wohl kaum verwendet.

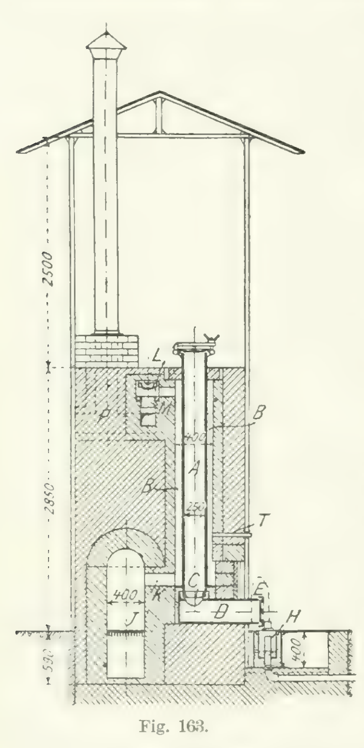


Fig. 163.

Der Generator *Riché* besteht nach *Freytag*[3] aus einem gemauerten Ofen mit Feuerungsraum J (Fig. 163), auf dessen Rost mit Kohlen, Holzabfällen od. dgl. ein lebhaftes Feuer unterhalten wird. Die Heizgase treten durch wagerechte Kanäle K in zwei aufsteigende Schächte B, in denen gußeiserne, mit Holzstücken angefüllte Retorten aufgestellt sind, deren Unterteile auf einer mittleren Temperatur von 900° gehalten werden. Durch eiserne Rohre T, welche außen mit Glasscheiben verschlossene Kupferstutzen tragen, läßt sich die jeweilige Temperatur der Retorten beobachten. Aus den Schächten B treten die Heizgase durch wagerechte Kanäle L, deren jeder mit einer Regelvorrichtung versehen ist, in einen gemeinsamen Kanal M, aus diesen durch den Kanal P in den Schornstein. — Jede Retorte besteht aus einem lotrechten Zylinder A von 2650 mm Höhe, in dem die trockene Destillation des Holzes stattfindet, und einem sich anschließenden wage-

[1] *W. Reissig:* Handbuch für Holz- und Torfgas-Beleuchtung (München 1863), S. 29.
[2] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1880, 417.
[3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1901, 331.

rechten Zylinder *D* von gleichem Durchmesser, in welchem sich die Rückstände der Destillation ansammeln. Ihre Verbindung besteht aus einer mittels Asbest abgedichteten Ringnut *C* des wagerechten Zylinders *D*, in welche der untere Teil des lotrechten Zylinders *A* eingreift. Diese Stelle wird, um sie der Einwirkung der Heizgase zu entziehen, von einer Sandschicht bedeckt gehalten. Die im oberen Teile der Retorte überdestillierten Gase bestehen im Mittel aus 20% Kohlensäure, 20% Kohlenoxyd, 15% Kohlenwasserstoff und 45% Wasserstoff. (Vgl. S. 204.)

Die Vergasung von Scheitholz ist nur da vorteilhaft, wo dasselbe außergewöhnlich billig ist. Dabei sollten die Gase, wie schon *Nehse* und *Benrath*[1] ausführten, unten im Schacht abgeführt werden, um die Kohlensäure in dem bei der Entgasung gebildeten Gase (S. 37) möglichst zu Kohlenoxyd zu reduzieren. Holzabfälle, besonders Sägespäne, werden vielfach vergast[2]. Analysen von Holzgeneratorgas vom Verf.[3] (I) und von *Särnström*[4] (II, III) ergaben:

	I	II	III
Kohlensäure	6,95	6,2	13,9
Kohlenoxyd	28,60	26,0	16,2
Methan	2,20	5,1	4,1
Wasserstoff	8,54	4,3	7,9
Stickstoff	53,71	58,4	57,9

Dechamps[5] vergast Holz in einem Generator, in welchen die Luft oben eingeblasen wird. Die unten abziehenden Gase werden durch einen Koksfilter und einen Wascher zu einem Gasometer geführt, um für Gaskraftmaschinen zu dienen. Analysen ergaben:

	Feuchtes Holz			Lufttrockenes Holz		
Kohlensäure	10,0	10,3	10,6	10,7	9,4	12,5
Kohlenoxyd	18,5	18,0	16,7	17,9	21,2	19,7
Methan	0,7	0,1	1,4	3,1	2,4	2,8
Wasserstoff	17,4	18,3	17,7	17,6	15,8	15,0
Stickstoff	53,4	53,3	53,6	51,7	51,2	50,0

Beim Generator für Holz von *Fauge*[6] ziehen die Gase mit einer Temperatur von 300° ab und gehen durch einen trockenen Koksskrubber, wo sie ihre Asche absetzen und gleichzeitig die Verbrennungsluft vorwärmen (Fig. 164). Es bleiben Asche und Holzkohle zurück, die von Zeit zu Zeit durch einen Wasserverschluß mit Krücken herausgezogen werden; die zurückbleibende Holzkohle soll etwa $^1/_{10}$ des aufgeworfenen Holzgewichtes ausmachen. In Saint Gobain befindet sich seit Jahren eine solche Anlage in Verbindung mit zwei Letombe-Gasmotoren; in einem viermonatigen Betriebe wurde festgestellt, daß für die

[1] Polytechn. Centralbl. 1870, 465.
[2] *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 311.
[3] Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1880, 417; 1887, 166.
[4] Berg- u. Hüttenw.-Jahrb. 1892, 81.
[5] Génie civ. 1901.
[6] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, 898.

Leistung von 11000 KW-st 410 hk Holzabfälle nötig waren und 46,5 hk Holzkohle abgezogen wurden. Das ergibt einen Verbrauch von $2^1/_2$ k Holz bei anderweitiger Verwertung der Holzkohle oder von 1,6 k, wenn man die Holzkohle dem Generator wieder zuführt. Verwendet wurde feuchtes Holz (3 Monate nach dem Schlag) und daraus ein Gas mit 10 % Kohlensäure und etwa 1100 w hergestellt. Eine große Anlage hat das Kraftwerk der Montezuma Copper Co. in Nacozari (Mexiko) in Verbindung mit 12 Crossley-Gasmotoren von 80 bis 175 PS mit einer Gesamtleistung von 1150 PS im Betrieb. Verfeuert werden Eichenabfälle mit rund 20 % Wassergehalt. Das Gas hatte im Vergleich zur Kohle folgende Zusammensetzung[1]:

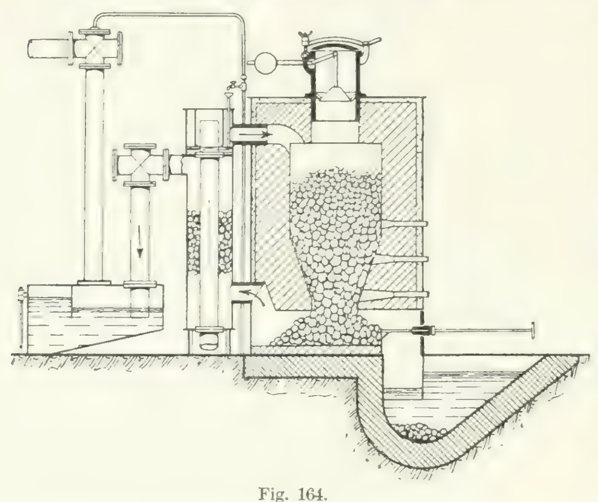


Fig. 164.

	Anthrazit	Bitum. Kohle	Holz
Kohlenoxyd	21,60	20,32	13,27
Wasserstoff	12,68	13,08	20,97
Methan	1,86	2,35	2,61
Schwere Kohlenwasserstoffe .	0,18	0,20	0,28
Kohlendioxyd	8,10	7,66	15,96
Sauerstoff	0,20	0,04	0,11
Stickstoff	55,38	55,35	46,80

Das Holzgas neigte, wohl infolge seines höheren Kohlendioxydgehaltes, weniger zur Vorzündung in den Gasmaschinen wie das Kohlengas (vgl. S. 16).

[1] Vgl. Journ. of Gaslight. 1904, Nr. 2122.

Hochofengase.

Die Gase aus Hochöfen[1] mit Holzkohlen zeichnen sich durch verhältnismäßig hohe Gehalte an Kohlenoxyd, Wasserstoff und Methan aus. Für Gaskraftmaschinen kommen sie wenig in Frage. Die Gase aus Kokshochöfen enthalten im Mittel (trocken):

Kohlensäure	10%
Kohlenoxyd	28%
Wasserstoff	3%
Stickstoff	59%

1 cbm derselben hat (reduziert auf 0°) einen Brennwert von 950 w (bzw. auf Wasserdampf als Verbrennungsprodukt) oder bei 10% Feuchtigkeit 855 w.

Nach

$$CO + O = CO_2 \quad \text{und} \quad H_2 + O = H_2O$$

erfordern je 2 Vol. Kohlenoxyd und Wasserstoff 1 Vol. Sauerstoff (vgl. S. 18), die in 1 cbm Hochofengas enthaltenen 0,31 cbm dieser brennbaren Gase somit 0,155 cbm Sauerstoff oder 0,74 cbm atmosphärische Luft[2]. Für zwei andere Gase, welche etwa den Grenzwerten entsprechen, ergibt sich:

	I	II
Kohlensäure	15%	6%
Kohlenoxyd	20%	34%
Wasserstoff	1%	4%
Stickstoff	64%	56%
Brennwert	640 w	1044 w
1 cbm erfordert atm. Luft	0,50 cbm	0,91 cbm

Die Menge des für je 100 k Roheisen erhaltenen Gases läßt sich in folgender Weise berechnen: Werden für je 100 k Roheisen 100 k Koks mit 88% Kohlenstoff gebraucht und enthält das Erz (einschl. Kalkstein u. dgl.) 6% Kohlenstoff (als Carbonat), so sind 94 k Kohlenstoff eingeführt. Enthält nun das Roheisen 4% Kohlenstoff, so bleiben für die Gasentwicklung 90 k Kohlenstoff. Da sowohl Kohlensäure als Kohlenoxyd in 1 cbm 0,5395 k (oder rund 0,54 k) Kohlensäure enthalten, so enthält 1 cbm des Gases mittlerer Zusammensetzung (mit 10% CO_2 und 28% CO) 0,205 k Kohlenstoff. Die 90 k Kohlenstoff geben

[1] Vgl. *H. Wedding:* Handbuch der Eisenhüttenkunde (Braunschweig 1904), Bd. 3, S. 203, 312 u. 380.

[2] Die von *Lürmann* (Stahl u. Eisen 1898, 258; 1901, 1154) und anderen Hüttenleuten verwendeten Berechnungen nach Gewichtsverhältnissen sind viel weniger übersichtlich.

also 439 cbm Hochofengase der angegebenen Zusammensetzung, somit für 1 k verwendeten Koks 4,39 cbm trockenes Gas mit einem Brennwert von zusammen 4170 w.

Der Vorschlag von *J. v. Ehrenwerth*[1] und *Schmidhammer*[2], die Hochofengase zu regenerieren, indem sie über glühenden Koks geleitet werden, ist nicht zu empfehlen[3]. (Vgl. S. 101.)

Der Wasserstoffgehalt des Hochofengases hängt besonders ab von der Feuchtigkeit des Gebläsewindes, der Wassergehalt von der verwendeten Beschickung. Hochofengase enthalten ferner meist 10 bis 40 g Staub in 1 cbm: Erzstaub, zerriebener Koks, Metalloxyde u. dgl.[4].

So hatten z. B. Flugstaubproben folgende Zusammensetzung:

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	MnO	ZnO	PbO	SiO_3	Al_2O_3	S	ZnS
Gleiwitzer Hütte . . .	12,28	12,58	6,15	5,87	9,50	0,31	25,51	13,73	17,72	3,94	0,24	—
Tarnowitzer Hütte .	—	—	—	—	—	—	35,66	10,64	15,55	4,21	—	—
Friedr. Wilhelmshütte	17,05	9,53	25,95	2,31	0,91	0,37	1,30	—	24,05	10,90	1,71	—
Cleveland	—	4,70	12,30	5,03	14,22	—	10,48	—	22,60	8,20	0,17	13,70

Nach Abscheidung des gröberen und spezifisch schweren Staubes werden von den rund 4500 cbm Hochofengasen für 1 t Roheisen 2000 bis 2500 cbm für die Winderhitzer verbraucht, der Rest wurde unter Dampfkesseln verbrannt. Dabei sind mit Dampfmaschinen zur Erzielung von 1 Stundenpferdekraft 20 bis 25 cbm Gas verbraucht.

Die erste, noch kleine Gasmaschine für Hochofengase wurde i. J. 1895 in Wishan in Betrieb gesetzt, nachdem bereits 1883 *v. Ehrenwerth* und 1886 *Lürmann* entsprechende Vorschläge gemacht hatten. Die erste große Gasmaschine — eine 600 pferdige Zweitaktgasmaschine — wurde 1898 durch die *Berlin-Anhaltische Maschinenbaugesellschaft* in Dessau auf dem Hörder Hüttenwerk erbaut. Im Jahre 1906 waren nach *K. Reinhardt*[5] in Deutschland bereits 349 Maschinen mit einer Leistung von 385 000 PS vorhanden, 199 Maschinen für 206 000 PS in Bau. Jetzt werden mehr als 500 000 PS mit Hochofengas in Großgasmaschinen erzeugt.

L. Greiner[6] gibt für Anfang 1907 folgende Übersicht über die mögliche Ausdehnung der Gaskraftmaschinen:

---

[1] *J. v. Ehrenwerth:* Die Regenerierung der Hochofen-Gichtgase (Leipzig 1883); vgl. Fischers Jahresber. 1884, 1300.

[2] Stahl u. Eisen 1893, 640; 1908, 127.

[3] Vgl. *Fischer:* Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 2, S. 283.

[4] Vgl. *Wedding:* a. a. O., S. 384; Stahl u. Eisen 1888, 260; Fischers Jahresber. 1880, 24; 1883, 85; 1885, 8 u. 28; 1886, 100; 1888, 255; 1890, 235 u. 264.

[5] Stahl u. Eisen 1906, 907. — Die Mansfelder Gewerkschaft verwendet die Gase von Kupferschmelzöfen für Gaskraftmaschinen.

[6] Rev. univ. mines 1907 (18), S. 33.

		Deutschland und Luxemburg	Groß-britannien	Frankreich	Belgien
Hochöfen	Roheisenerzeugung i. J. 1905 in t	10 987 623	9 746 221	3 076 550	1 310 290
	Errechnete Leistung der Gasmaschinen in PS bei Benutzung aller erzeugten Gase abzüglich der für die Winderhitzung notwendigen	1 280 000	1 136 000	359 000	153 000
	Tatsächliche Leistung der im Betrieb oder Bau befindlichen Gasmaschinen in PS	371 950	21 400	31 575	40 200
	Verhältnis der tatsächlichen Leistung zu der errechneten . . .	29%	1,88%	8,8%	26,3%
Koksöfen	Produktion an Hüttenkoks i. J. 1905 in t	16 491 427	18 000 000	2 233 922	2 526 000
	Errechnete Leistung der Gasmaschinen in PS bei Benutzung aller von modernen Koksöfen erzeugten Gase abzüglich der für die Selbstbeheizung erforderlichen Gase	317 000	350 000	43 000	48 500
	Tatsächliche Leistung der im Bau oder Betrieb befindlichen Gasmaschinen in PS	44 070	5 950	3 600	3 500
	Verhältnis der tatsächlichen Leistung zu der errechneten . . .	14%	1,7%	8,4%	7,4%

Die *Nürnberger Maschinenfabrik* liefert folgende Wärmebilanz eines Hochofens von 250 t Tagesleistung:

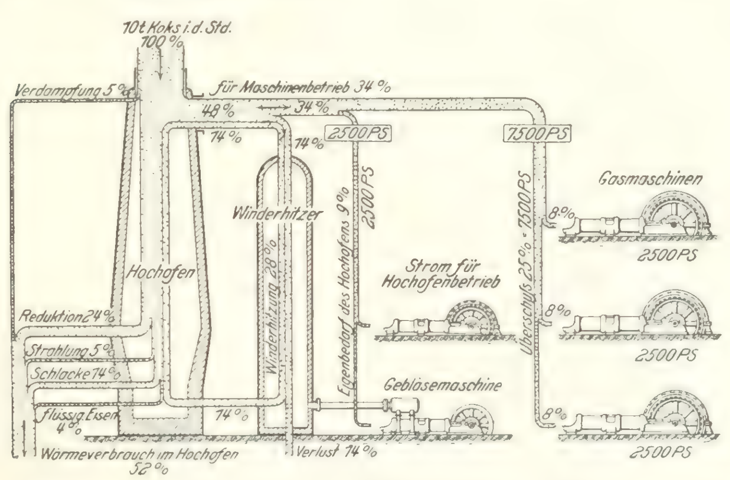


Fig. 165.

Eine Gaskraftmaschine gebraucht für 1 PSe meist 2,5 bis 3 cbm Hochofengas[1]. Somit liefern die 2000 bis 2500 cbm Gas, für je 1 t Roheisen, welche

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, 406 u. 857; Stahl u. Eisen 1904, 9; 1905, 639.

nicht zur Winderhitzung erforderlich sind, 700 bis 800 Stundenpferdekräfte. Deutschland liefert jetzt jährlich über 13 Mill. t Roheisen; die Eisenhütten werden also durch die Gasmaschinen zu gewaltigen Kraftzentralen.

Hochofengase für Gaskraftmaschinen sollen möglichst wenig Staub enthalten und nicht naß sein. Nach *Reinhardt* sind die Steuerungsorgane der Maschinen gegen Staubansätze empfindlich, weil man diese Organe nur mit möglichst schwachen Federn verbindet, um Regulierwiderstand und Rückdruck auf den Regulator so niedrig wie möglich zu halten. Die Kraft dieser Federn reicht dann bei einem gewissen Staubansatz z. B. an den Spindeln oder den Regulierschiebern nicht mehr aus, um diese Organe überhaupt oder um sie rechtzeitig zu bewegen, und damit ist eine Betriebsstörung vorhanden. Dasselbe ist der Fall, wenn sich Staub an Klappen oder Schiebern absetzt, die durch die Verstellkraft des Regulators je nach der Belastung der Maschine eingestellt werden sollen. Auch von Hand zu bedienende Ventile und Drosselklappen in der Gaszuleitung vor der Maschine sind gegen Staub sehr empfindliche Organe, da sich an ihnen der Staub mit Vorliebe ansetzt, und dieselben dadurch schwer beweglich und die Querschnitte an den betreffenden Stellen zeitweise unzulässig verengt werden, so daß die Maschinen für ihre Normalleistung nicht mehr genügend Gas erhalten. Dabei spielt neben dem Staubgehalt eine unangenehme Rolle auch der Wassergehalt des Gases beim Eintritt in die Maschine. Nasser Staub haftet leichter an Widerstands- und anderen Berührungsflächen als trockener Staub, der vielleicht zum größten Teil ohne sich niederzuschlagen durch die Maschine geführt wird. Recht störend wird aber ein nasses, staubhaltiges Gas dann, wenn die Maschine nicht ununterbrochen im Betriebe ist und z. B. während des Sonntages stillsteht. Dann kann es vorkommen, daß der Ansatz von nassem Staub, der im Dauerbetrieb der Bewegung der Steuerungsorgane keinen zu großen Widerstand bietet, während des Stillstandes zu einer harten Kruste trocknet, die das Festsitzen der betreffenden Organe hervorruft und damit das nächste Anlaufen der Maschine unmöglich macht.

Die verschiedenen Maschinen sind bezüglich ihrer Ansprüche an die Reinheit (nach *Joh. Körting*) außerordentlich verschieden. Maschinen mit Auslaßventilen sind im allgemeinen empfindlicher als die mit Schlitzsteuerungen, und solche mit tiefliegenden Auslaßventilen wieder empfindlicher als mit höher liegenden, weil bei jenen der Ölschmutz des Zylinders auf die Ventile träufelt und diese stark beeinträchtigt, während bei diesen die Ventile nicht getroffen werden, da man den Schmutz aus den tiefsten Teilen des Zylinders durch Zylinderausbläsehähne entfernt.

Wenn auch die Art des Staubes Einfluß hat, so wird doch meist ein Gehalt von nur 0,01 bis 0,03 g Staub in 1 cbm Gas und eine Abkühlung auf 25° gefordert.

Die Gase werden nach Verlassen der Hochöfen meist durch eine Reihe von sog. Trockenreinigern geführt, strömen hierauf durch lange Rohrleitungen

in Kühler oder Skrubber und von diesen in die eigentlichen Reiniger. Nach Verlassen dieser Apparate soll die Reinigung so weit beendet sein, daß vor dem Eintritt in die Maschine nur noch eine Trocknung der Gase in Filtern oder weiten Gefäßen (auch Gasometern) zu erfolgen hat.

Als Trockenreiniger werden meist Staubsäcke verwendet. Der dadurch abgeschiedene Staub wird oft mit Vorteil brikettiert und wieder verhüttet. Nach *C. Grosse*[1] sollen die Staubsäcke genügend groß sein, damit das Gas möglichst zur Ruhe kommt. Im allgemeinen durchzieht die von der Gicht abziehende Gasmenge jedes Hochofens einen oder zwei (am besten hintereinander geschaltete) Staubsäcke; dieselben erhalten ein Volumen von etwa je 0,8 bis 1,5% der stündlichen Gasmenge und werden unten mit konisch ausgebildeten Böden versehen, um eine bequeme Entleerung direkt in darunterstehende Eisenbahnwagen zu ermöglichen. Die Geschwindigkeit in den Staubsäcken beträgt etwa 0,3 bis 0,6 m in der Sekunde und das Verhältnis der Durchmesser zur Höhe schwankt zwischen $^1/_2$ und $^1/_3$. Hochöfen, welche schwere, reiche Erze verhütten, erhalten kleinere Staubsäcke, dagegen Hochöfen, welche ärmere Erze verhütten, größere Staubsäcke. Die noch vielfach angewendeten 2 bis 3 Steig- und Fallrohre von 2 bis 3 m Durchmesser und 15 bis 25 m Höhe (sog. Pfeifen) haben nicht die gleiche Wirkung wie ein großer Staubsack, dessen Volumen gleich der Summe der Volumina dieser Pfeifen ist. Die Staubausscheidung ist viel besser im Staubsack als in den Fallrohren, und die Kosten für die größeren Staubsäcke sind nicht höher als diejenigen für die Fall- und Steigrohre.

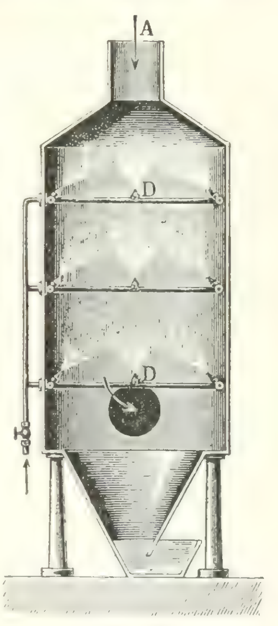


Fig. 166.

Sind mehrere Hochöfen vorhanden, so wird das Gas nach dem Austritt aus den Trockenreinigern in einer Sammelleitung vereinigt und erst dann den Kühlern und den Naßreinigern zugeführt. Hierdurch werden die Schwankungen der Menge und Zusammensetzung der Gase der einzelnen Öfen teilweise ausgeglichen und die Gasreinigungsanlage arbeitet viel gleichmäßiger

Die nun erfolgende Kühlung des Gases zur Abscheidung des Wasserdampfes geschieht allgemein durch Einspritzen von Wasser. Dabei wird auch mehr oder weniger Staub mit abgeschieden. Die Kühler bestehen oft aus zylindrischen Blechmänteln mit Hordeneinbauten, um Gas und Kühlwasser in möglichst innige Berührung zu bringen.

Von den patentierten Vorrichtungen sind folgende beachtenswert:

Die Firma *Gebr. Körting* (D. R. P. Nr. 179 626) verwendet zur Reinigung von Hochofengasen schräg gestellte Streudüsen *D* (Fig. 166). Der feine, durch

[1] Stahl und Eisen 1910, 1397.

die Düsen erzeugte Wasserstaub, welcher bei richtiger Wahl der Düsen den Raum vollständig erfüllt, sorgt in kräftiger Weise für die Abscheidung des größten Teiles des anhängenden Staubes. Das Gas durchzieht den Behälter von oben nach unten.

Dieselbe Firma liefert einen Dampfstrahlgasexhaustor *E* (Fig. 167). Durch denselben wird mittels eines feinen Dampfstrahles das Gas angesogen; der Betriebsdampf wird den Betriebskesseln entnommen. Die Regelung der Dampfzufuhr bei *D* erfolgt durch Regler *R*, welcher mit dem Zuführungsrohr zu den Motoren verbunden ist. Die sog. Zwischendüsen sind fortgelassen, um jede Möglichkeit des Ansetzens von Staub in dem Apparat zu vermeiden; aus gleichem Grunde wird die sog. Misch- oder Fangdüse mit Wasser berieselt. Nachdem das Gas durch den Dampf angesogen ist, tritt durch das herabrieselnde Wasser eine Kondensation des Dampfes ein, der kondensierende Dampf setzt sich an den Staubteilchen fest und veranlaßt deren Ausscheidung. Der Staub wird bis auf Spuren durch diese Einrichtung ausgeschieden. Unter dem Exhaustor befindet sich ein Hohlraum, aus welchem das stark mit dem niedergeschlagenen Staub versetzte Wasser bei *A* abfließt. Zur Erreichung vollkommener Reinigung durchzieht das Gas in senkrechter Richtung noch ein Rohr, in welchem es gegen hordenartig eingelegte Stoßflächen *S* prallt, deren unterer Teil von oben ständig mit Wasser berieselt wird. Um das noch mitgerissene Wasser fortzunehmen, befinden sich weitere Stoßflächen oberhalb des unteren Bündels, die behufs Abspülung indes auch von Zeit zu Zeit oder stetig mit Wasser berieselt werden können. Das bei *G* zugeführte Gas entweicht bei *H*. Für den Fall, daß es sich um besonders schwer zu reinigende Gase handelt, kann man hinter diesem Apparat noch einen Sägespänreiniger aufstellen.

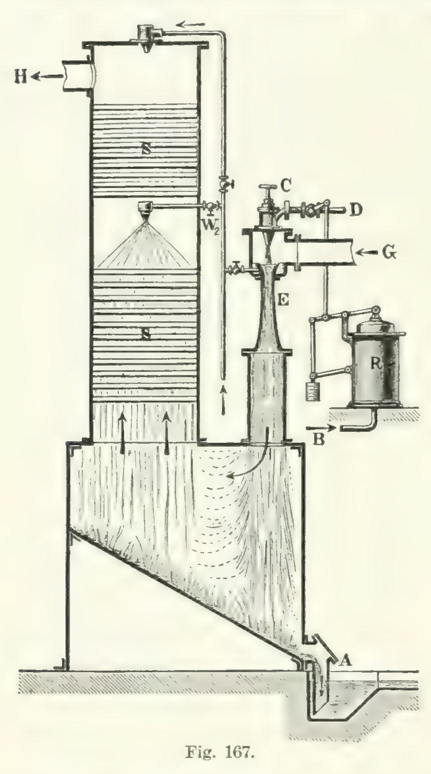


Fig. 167.

Fig. 168 zeigt eine andere Ausführung mit Druckregler *a*, Schlammelevator *b* und Staubsammler *d*. Bei einer solchen Anlage hatte das Gas 19 g Staub in 1 cbm und verließ den Exhaustor mit 0,22 g.

Die Temperatur des Gases	war beim	Eintritt	173 °
,, ,, ,, ,,	,, ,,	Austritt	61,8°
,, ,, ,, Wassers	,, ,,	Eintritt	15 °
,, ,, ,, ,,	,, ,,	Austritt	61,3°

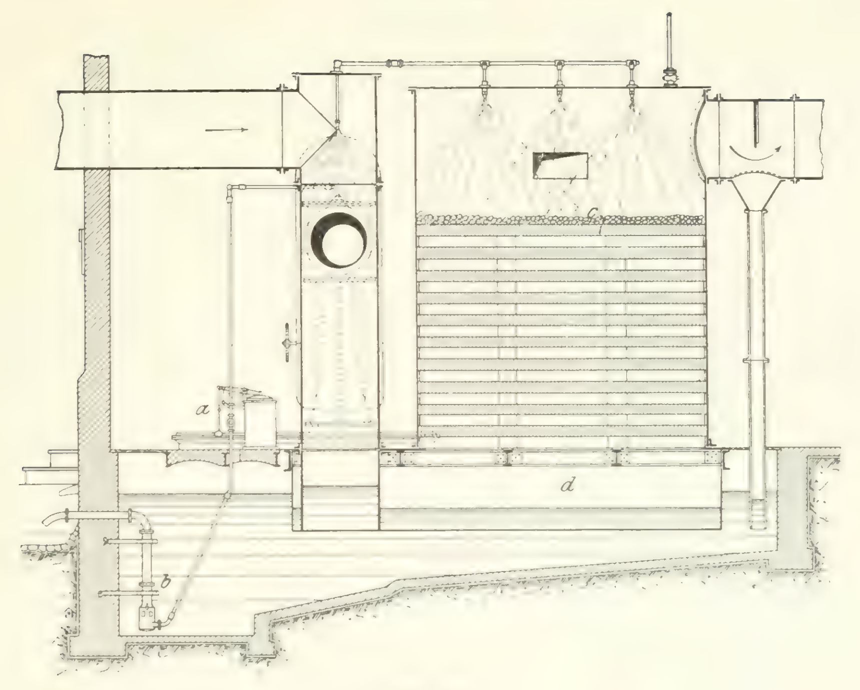


Fig. 168.

Für etwa 15 cbm Gas war bei 40 mm Gegendruck und einer eingespritzten Wassermenge von 4 l für 1 cbm 1 k Dampf nötig. Schränkt man die eingespritzte Wassermenge ein, so wird die Gasmenge im Verhältnis zum benutzten Dampf erheblich steigen. Durch den Skrubber wird das Gas auf 0,16 g im cbm gebracht, wobei eine weitere Kühlung des Gases auf 28° erreicht wird. Würde man die eingespritzte Wassermenge erhöhen, so würde der Reinigungsgrad noch größer werden. Durch ein Sägespänfilter wird der Staubgehalt von 0,16 g auf 0,005 g gebracht.

Nach *Gebr. Körting A.-G.* (D. R. P. Nr. 197 215) tritt das durch den Rohrstutzen *a* (Fig. 169) einströmende Gas in einen senkrecht stehenden, sich kegelförmig nach unten erweiternden Behälter *b* ein, in dessen Innerem an verschiedenen Stellen schräg zur Einströmungsrichtung des Gases Bleche *c* und *d* angeordnet sind, durch welche das Gas gezwungen wird, sich derart zu verteilen, daß es den Behälter *b* vollständig ausfüllt. Am unteren Ende des Behäl-

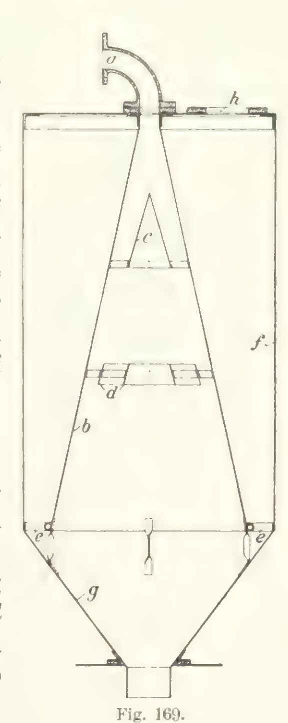


Fig. 169.

ters *b* tritt das Gas durch den Spalt *e* aus und strömt in dem den Behälter *b* umgebenden Mantel *f* nach oben. In dem Behälter *b* wird die Geschwindigkeit des strömenden Gases und damit die lebendige Kraft der dem Gase beigemischten Staubteile od. dgl. so vermindert, daß die Verunreinigungen an der Bewegungsumkehr nach oben nicht teilnehmen können, sondern ihre Bewegung nach unten fortsetzen und durch den sich an den Behälter *b* anschließenden Trichter *g* in einen Raum gelangen, in dem sie sich niederschlagen. Aus dem Mantel *f* strömt das Gas durch die Öffnung *h* ab.

Nach *A. Deters* (D. R. P. Nr. 217 475) strömen die Gase bei *g* (Fig. 170) in das Gehäuse *a* und werden im Rohr *b* durch Wasser benetzt, wobei der Staub durch das nach unten zum Behälter *f* abfließende Wasser mitgeführt wird. — Sind die Gase vom Staub gereinigt, so durchströmen sie von außen nach innen die Zylinder *d*. In diesen werden sie infolge der Richtungsänderungen, die durch die versetzt zueinander gestellten Öffnungen der Zylinder bewirkt werden, getrocknet und vom Teer und sonstigen Beimengungen befreit. Durch die von außen nach innen vor sich gehende Gasströmung wird erreicht, daß den Gasen an der Eintrittsstelle *k* eine größere Filterfläche als an der Austrittsstelle dargeboten wird, wodurch eine zu schnelle Verschmutzung des Filters vermieden wird. Durch Rohr *i* gelangen die gereinigten Gase zur Verbrauchsstelle. — Für große Anlagen wird diese Vorrichtung nicht genügen.

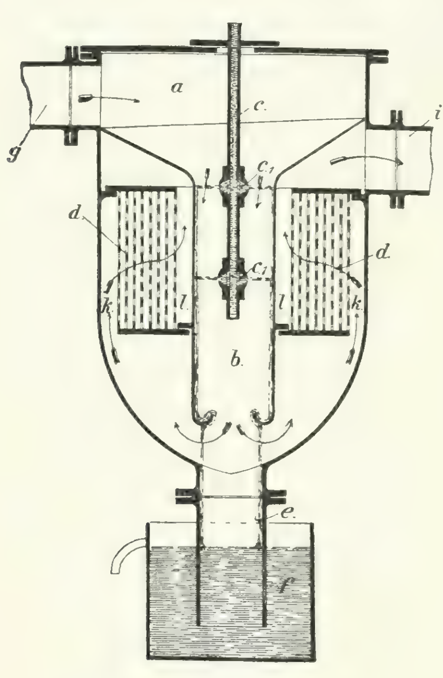


Fig. 170.

Beim Gaswascher von *E. Bian* (D. R. P. Nr. 155 245 und 176 452) wird das Gas zunächst durch Trockenreiniger, z. B. Staubsäcke, von den gröberen Staubteilen befreit und dann durch den Reiniger geführt. Es ist dieses eine große Blechtrommel (Fig. 171 und 172), in der eine große Anzahl Scheiben rotiert, welche aus Drahtgeflechtsektoren zusammengesetzt sind. Diese Drahtgeflechte bieten neben einer großen Eisenmasse eine große Fläche dar, ohne dem Gasdurchgang einen allzu großen Widerstand entgegenzusetzen. Die Blechtrommel ist annähernd bis zur Achse mit Wasser gefüllt, welches sich fortwährend erneuert, und durch eingebaute Blechwände gezwungen ist, innerhalb des Apparates einen weiten Weg zurückzulegen.

Der Kraftaufwand für Wascher und Ventilator beträgt:

1. für Öfen von 100 t Tageserzeugung = 21000 cbm Gas i. d. Std.; 82 PS;
2. „ „ „ 150 „ „ = 32000 „ „ „ „ „ 113 „
3. „ „ „ 200 „ „ = 42000 „ „ „ „ „ 144 „

Es werden rd. 3 bis 3,5 l Wasser für 1 cbm Gas eingespritzt. Das Gas wird bis auf 10° über Wassertemperatur abgekühlt. Der Apparat wird nur für Vorreinigungszwecke benutzt.

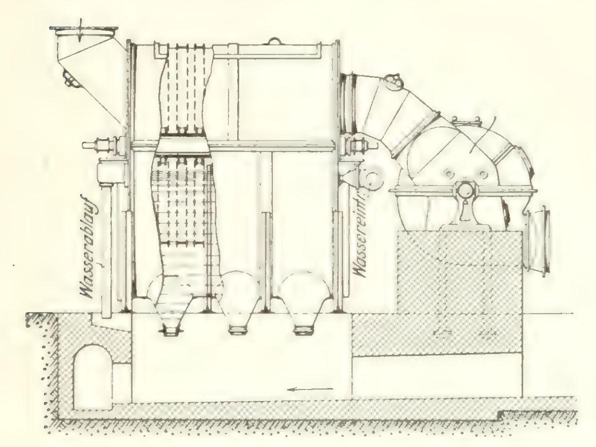
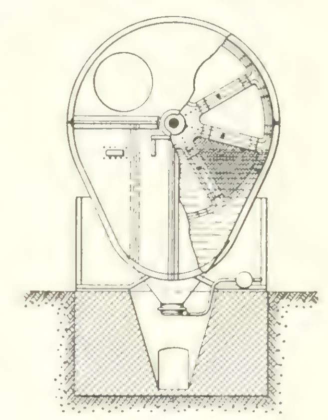


Fig. 171.


Fig. 172.

Auf die Apparate von *Emmerich* (D. R. P. Nr. 182 942), *Elsenhans* (D. R. P. Nr. 180 863), *Dannenberg & Quandt* (D. R. P. Nr. 184 600 und 188 187), *Zschocke* (D. R. P. Nr. 189 329), *A. Sahlin* (D. R. P. Nr. 179 685), *R. Scheibe* (D. R. P. Nr. 184 038 und 197 021), *Bartl* (D. R. P. Nr. 206 297), *Schalenberg* (D. R. P. Nr. 192 154) und *Peter* (D. R. P. Nr. 194 445) sei verwiesen.

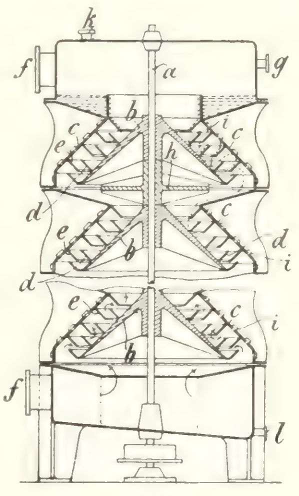


Fig. 173.

Nach *W. Tesch* (D. R. P. Nr. 196 919) ist auf einer im Innern des Apparates konzentrisch angebrachten drehbaren Welle *a* (Fig. 173) eine Reihe von kegelförmigen Rotationselementen *b* angeordnet, während der äußere Körper aus einzelnen kegelförmigen Mantelflächen *c* gebildet ist. Die äußeren kegelförmigen Mantelflächen sind ungefähr parallel zu den kegelförmigen Rotationselementen *b* angeordnet, so daß zwischen beiden Flächen ein Zwischenraum verbleibt. Die kegelförmigen Rotationselemente *b* und die kegelförmigen Mantelflächen *c* erhalten eine Anzahl rund herum laufender Rippen *d*, *e*, welche zueinander versetzt angeordnet sind, so daß die von den inneren Rippen *d* fortgeschleuderte Waschflüssigkeit jedesmal von den Rippen *e*

des Mantels c wieder auf die nächsten Rippen d des Rotationselementes b ablaufen muß. Wenn also die Waschflüssigkeit die Vorrichtung von oben nach unten durchläuft, wird sie von den in schneller Drehung befindlichen Rippen d des Rotationselementes b infolge der Zentrifugalkraft nach außen geschleudert werden und dabei auf eine am kegelförmigen Mantel c angeordnete feststehende Rippe e fallen und dabei entweder zerstäuben oder einen geschlossenen Schleier bilden. Von dieser Rippe e fließt sie hier auf die nächstunterste Rippe d des Rotationselementes b, wobei sie ebenfalls wieder einen dichten Schleier bildet. Wenn also das Gas die Vorrichtung entweder von unten nach oben oder von oben nach unten durchströmt, muß es alle diese einzelnen Wasserschleier passieren, wobei es in innigste Berührung mit der Flüssigkeit kommt. — Ähnlich sind die Apparate desselben D. R. P. Nr. 200 653 und 212 243.

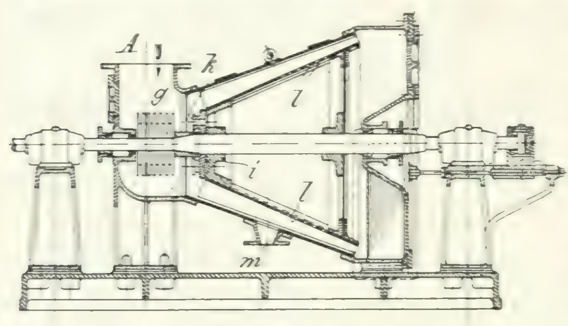
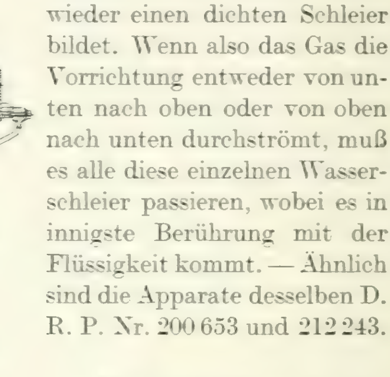


Fig. 174.



Nach *Schwarz & Co.* (D. R. P. Nr. 174 176, 195 742 und 201 229) tritt das Gas bei A (Fig. 174) ein, während durch den Körper g Wasser zugeführt wird. Vor der Nabe i der Trommel ist eine Scheibe vorgesehen, die eine Öffnung k hat. Durch diese Öffnung sowie eine Durchlochung der Nabe gelangt Wasser in das Innere der Trommel. Etwa am letzten Drittel des Trommelumfanges sind die Löcher l vorgesehen, durch welche das Wasser in das Gehäuse gespritzt wird. Es ist zweckmäßig, das im Anfang des Gasweges durch die aufgenommenen Staubteilchen beschmutzte Wasser bald abzuführen, da es leicht vorkommt, daß beim Durchgang durch dieses Wasser wieder Staubteilchen mitgerissen werden. Es ist daher am Gehäuse eine Öffnung m vorgesehen, durch die das Schmutzwasser ablaufen kann.

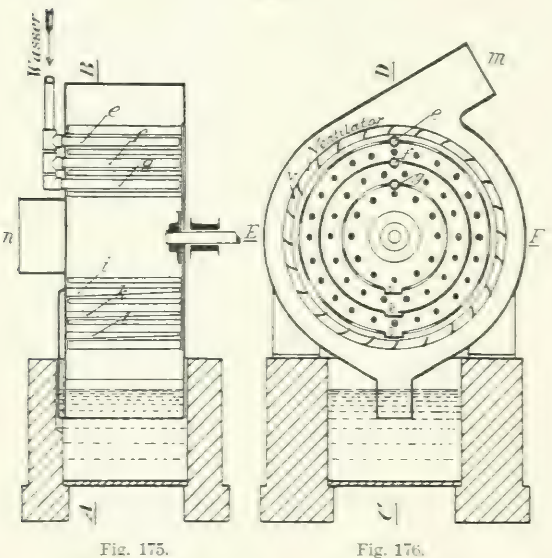


Fig. 175. Fig. 176.

Nach *J. Hartmann* (D. R. P. Nr. 202 401) sind in Fig. 175 und 176 mit m und n die Zuführungen bzw. Abführungen des Gases bezeichnet. e, f, g

sind Bewässerungsrohre, i, k, l Abflußrinnen; s sind die rotierenden Stäbe, t die Wandungen der Trommeln, b die rotierende Scheibe, an welcher die Stäbe befestigt sind; v ist ein etwa anzubringender Ventilator, h die Öffnungen in den Trommeln, x der von den Trommeln gebildete Zwischenraum, in welchem die Stäbe s rotieren. Die Gase treten beispielsweise bei n ein, gelangen in die innerste Trommel und werden zugleich mit dem dem Rohre g und aus den Stäben bzw. Röhren s entströmenden Wasser bzw. Waschflüssigkeit zentrifugiert. Teilweise wird der Schlamm gegen die Wandungen der Trommel geschleudert und teilweise durch die Schlitze hindurch den Wandungen der nächsten zugeworfen. Der Wasserstaub wird sich hier zu Tropfen vereinigen und abfließen, während das Gas durch die nebenliegenden Schlitze entweicht.

Nach *G. Marschner* (D. R. P. Nr. 203 746) geschieht die Reinigung der Gase mit Hilfe von Wasser. Damit eine innige Mischung von Gas und Wasser erfolgt, wird das zuerst in der Mitte des Ventilatorgehäuses angesaugte Gas von den Ventilatorflügeln a (Fig. 177) durcheinandergewirbelt und dann sofort von den Wasser liefernden Desintegratorstäben c des Desintegrators b, die es nochmals durcheinander wirbeln und mit dem ausspritzenden Wasser in innige Berührung bringen, getroffen. Der so reich mit Wasser angeschwängerte Gichtstaub kommt dadurch zum Niederschlag und wird mit dem Wasser fortgeschwemmt, so daß nur reines Gas zum Austritt gelangt.

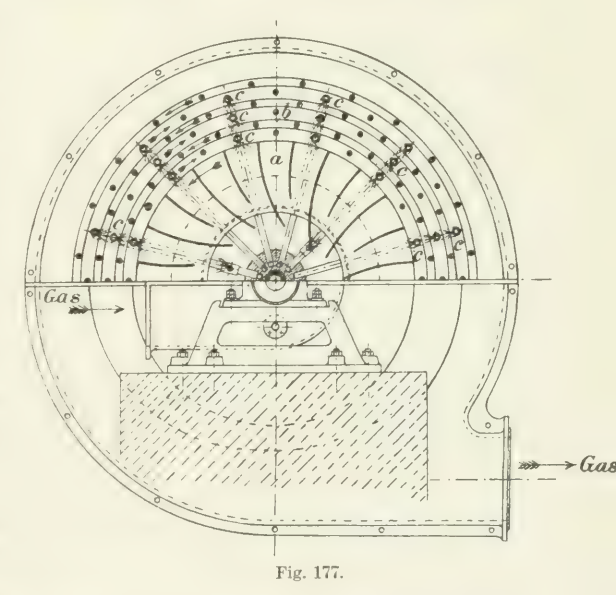


Fig. 177.

Nach *W. Witter* (D. R. P. Nr. 212 794) bezeichnet g (Fig. 178) den Zuführungskanal für die zu reinigenden Gase, welche vorher durch einen in der Zeichnung nicht dargestellten Sprühapparat angefeuchtet worden sind. Diese Gase werden zu dem Flügel- oder Schleuderrade f geführt, welches in schnelle Umdrehung versetzt wird. Durch die Öffnungen o am äußeren Umfang des Rades f werden die Gase und der Staub ausgeschleudert und treffen auf die Auffangfläche, welche durch die Innenfläche eines in langsamer Umdrehung begriffenen Ringes m gebildet wird. Der Antrieb des Ringes erfolgt durch ein Vorgelege v. Am tiefsten Punkte des Ringes sitzt ein schräg gestelltes Abstreichmesser, welches die angesammelten Staubklumpen und Staubrinden in den Trichter t befördert. h ist das Rohr, aus welchem die gereinigten Gase entweichen.

Nach Angabe der *Gutehoffnungshütte* (D. R. P. Nr. 200 819) werden die bei E (Fig. 179) eingeführten und zu reinigenden Gase durch feststehende Leitschaufeln c, d stoßfrei in das Laufrad L eingeleitet. Letzteres besitzt mehrere konzentrische Schaufelreihen e, f, g mit je entgegengesetzten Krümmungen, und rotieren dieselben mit L um eine Achse. Das Gas wird in der ersten Schaufelreihe e eine weitere Geschwindigkeit längs der konkaven Schaufelreihe erhalten. Das Gas tritt dann in die zweite Schaufelreihe f ein, deren Schaufeln eine entgegengesetzte Krümmung besitzen. Das Laufrad wird nur mittels der vorwärts gekrümmten Schaufelreihen e, g eine Beschleunigung auf die Gasmasse ausüben, während in der Schaufelreihe f das Gas seinerseits beschleunigend auf das Laufrad wirkt, das ist die Strömungsenergie der gesamten Gasmasse wird zum Teil zurückgewonnen in Form von Drehkraft am Laufrad. Durch den stetigen Wechsel der Strömungsrich-

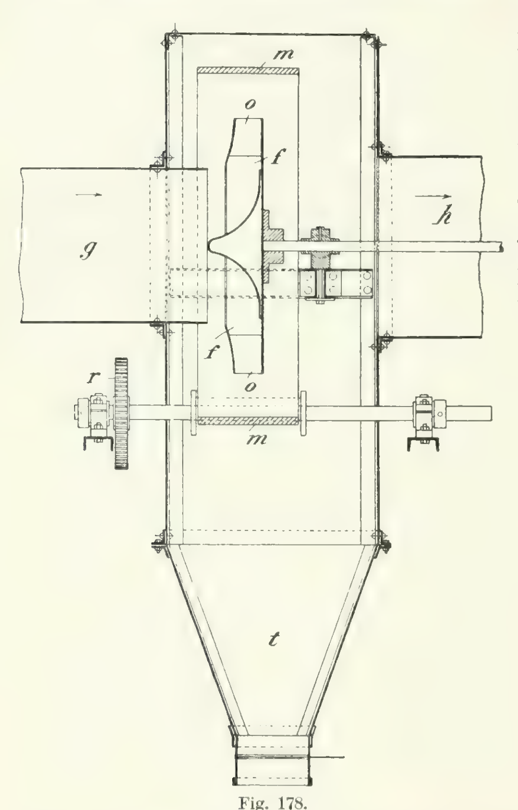


Fig. 178.

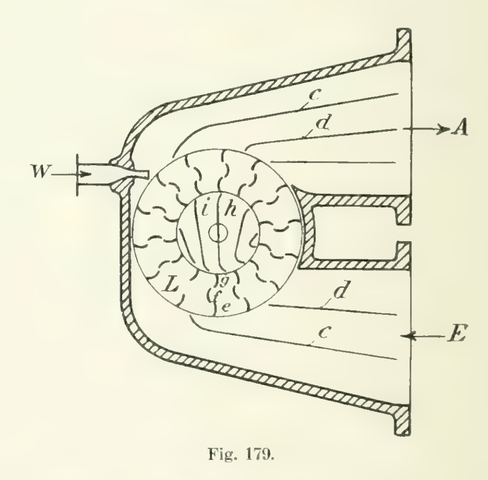


Fig. 179.

tung des Gases werden die benetzten Staubteilchen aus dem Gasstrom ausgeschleudert, da sie der gekrümmten Bahn des Gases nicht folgen können, sondern ihre Anfangsrichtung angenähert geradlinig beizubehalten suchen. Die Zuleitung der Waschflüssigkeit geschieht durch eine oder mehrere Düsen W bei vollem Wasserdruck, welcher in den Mundstücken mehr oder weniger vollkommen in Strömungsenergie umgesetzt wird. Die Waschflüssigkeit tritt sodann mit der entsprechenden Geschwindigkeit in die erste Schaufelreihe e des Laufrades ein, und zwar in einer Richtung, daß der Eintritt ohne Stoß erfolgt.

Nach ferneren Angaben der *Gutehoffnungshütte* (D. R. P. Nr. 216 211) tritt das zu reinigende Gas bei E (Fig. 180, obere Hälfte) in den Apparat ein,

durchströmt die von den umlaufenden Scheiben *g f* gebildeten Zwischenräume abwechselnd nach innen und außen und verläßt den Apparat bei *F*. An den Scheiben *g f* sind Schaufeln *a b* befestigt, welche den Staub nach außen schleudern, so daß sich unter der Wirkung der Schleuderkraft konzentrische Gasschichten mit nach außen zunehmendem Staubgehalt bilden. Oberhalb der Schaufeln *a b* sind außerdem umlaufende Schaufeln *e* angebracht, die die spezifisch schwerere Staubschicht unabhängig von der Richtung des Hauptgasstromes einem ringförmigen Ableitungskanal *S* zuführen. Diese kleine, aber sehr staubhaltige Gasmenge kann durch einen Schornstein direkt ins Freie entlassen oder nach Durchleitung durch einen Skrubber wiederum in den Gasstrom eingeführt werden. — In der Zeichnung ist angenommen, daß die Krümmung der Schaufeln *e* eine solche ist, daß sie die Staubschichten von links nach rechts befördern, während die Hauptgasmenge im Gegenstrom, also von rechts nach links fließt, und zwar infolge des Überdruckes der Hochofenwindleitung od. dgl. Jedoch könnte auch durch geeignete Schaufelstellung der Schaufeln *e* ein Strömen der Staubschicht im Gleichstrom bewirkt werden. Wesentlich ist aber, daß zwei voneinander unabhängige Gasströmungen erzielt werden. — In der Ausführungsform nach Fig. 180, obere Hälfte, strömt das Gas abwechselnd von innen nach außen und umgekehrt, wobei die Schaufeln *b* infolge ihrer besonderen Form dem Strömen des Gases nach innen entgegengesetzt der Schleuderkraft möglichst wenig Widerstand entgegensetzen. Es wird immer die innerste, d. h. staubfreieste Gasschicht in die nächste Abteilung zur nochmaligen Ausschleuderung weitergeleitet, während die staubreichsten Schichten unabhängig davon fortgeschafft werden. Diese Arbeitsweise ermöglicht eine wesentliche gesteigerte Reinigung der Gase.

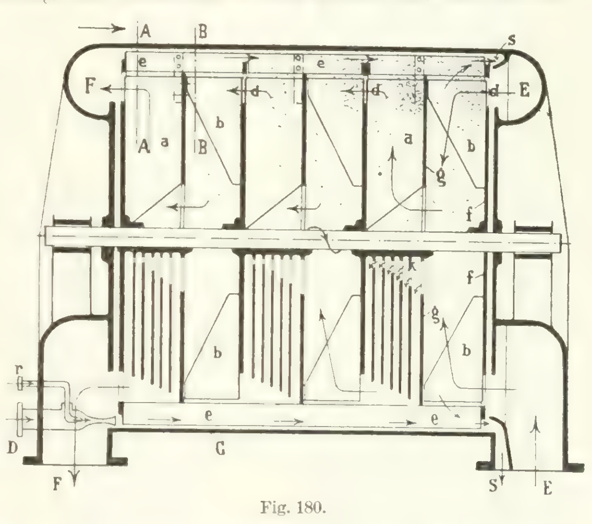


Fig. 180.

Eine ähnliche Anordnung ist in Fig. 180, untere Hälfte, dargestellt. Hierbei ist der Gasweg nicht wesentlich geändert, nur sind statt der Schaufeln *a* mehrere mitumlaufende Scheiben *k* angebracht.

Der Zentrifugalreiniger von *Theisen*[1] besteht aus einem konischen Gehäuse *a* (Fig. 181), welches mit dem Gaseingang *b* und einem Gasausgang *c*

[1] Stahl u. Eisen 1904, 285; 1906, 909; Bayer. Ind. Gewerbebl. 1907, 309.

versehen ist. In dem Gehäuse rotiert eine Trommel *d* mit etwa 50 m Umfangsgeschwindigkeit die Sekunde. Die Trommel ist mit schrägstehenden Flügeln *e* besetzt. — Durch die an der Rückseite des konischen Mantels *a* angebrachten Öffnungen *q* wird die Wasch- bzw. Absorptionsflüssigkeit zugeführt, welche durch die Rotation der Flügeltrommel oder vielmehr durch den zentrifugierten Gasstrom, in dünner Schicht, in Spiralwindungen über die Wandung des konischen Mantels nach dem Ausgange *h* zu gedrückt wird. Durch die auf dem Mantel *a* angebrachten Rippen wird die darüber zirkulierende Waschflüssigkeitsschicht aufgerauht und bietet dadurch eine größere Absorptionsfähigkeit. Die das Gas auf die bespülte Mantelwand zentrifugierenden Flügel *e* sind am Gaseingange in sog. Saugflügel *f* ausgebildet, die das Gas, wenn erforderlich mit entsprechendem Unterdruck, ansaugen und nach außen schleudern. Durch die Längsflügel *e* wird das Gas unter starkem zentrifugierten Druck den auf dem Mantel zirkulierenden Flüssigkeitsspiralen ebenfalls in langem Spirallauf entgegengeführt. Durch diesen zwangsweisen Gegenstromspirallauf zwischen Gas und Flüssigkeit kommt das immer reiner werdende Gas mit der reinsten Flüssigkeit in Berührung, wodurch der idealste und rationellste Gasreinigungsvorgang erzielt wird. Ist das gereinigte Gas im Raum *c* angelangt, so wird es durch die Wirkung des Ventilators *g* unter einem Druck von 50 bis 100 mm Wassersäule den Maschinen zugedrückt. Der Antrieb des Theisen-Reinigers erfolgt meist direkt durch Elektromotoren (seltener Riemenantrieb), wobei die minutliche Umdrehungszahl 300 bis 450 beträgt. Die gebräuchlichsten Größen des Theisen-Apparates liegen zwischen 6000 und 33 000 cbm stündlicher Leistung. — Der Theisenwascher wird in einem Apparat als Feinreiniger gebaut und liefert sofort fertig gereinigtes Gas für Motorzwecke. Für Heizgas werden die Apparate etwas kürzer gebaut, wodurch der Kraftaufwand von rd. 7 bis 7,5 PS für Maschinengas auf rd. 2,5 bis 3,5 PS für 1000 cbm Gas und Stunde zurückgeht. Die Wassereinspritzung beträgt rd. 1 bis 1,5 l für 1 cbm Gas.

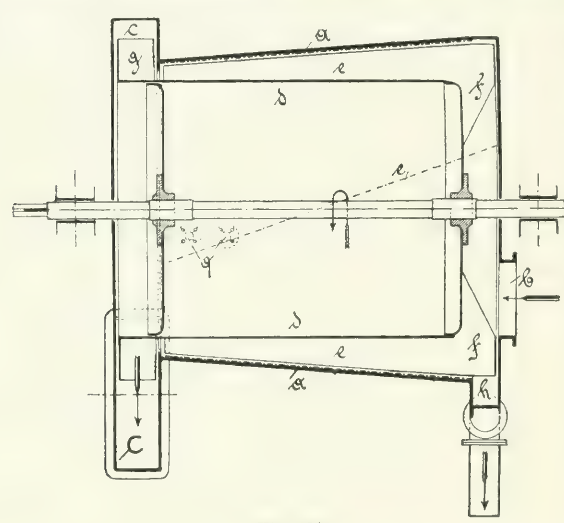


Fig. 181.

Durch Zufall wurde in Düdelingen gefunden, daß ein gewöhnlicher Ventilator sich ebenfalls sehr gut zur Gasreinigung eignet, wenn in denselben Wasser eingespritzt wird[1].

[1] Stahl u. Eisen 1901, 447; 1906, 912.

Die zur Gasreinigung verwendeten Ventilatoren, wie sie z. B. von *R. W. Dinnendahl A.-G.* in Steele vielfach ausgeführt wurden, unterscheiden sich von den gewöhnlichen zur Fortbewegung von Luft oder Gas benutzten nur durch die meist kräftigere Konstruktion der Flügel und Lager, in Rücksicht auf die Wassereinspritzung und die höhere Temperatur des Gases. Sie sind in der Saugöffnung mit einer Wasserzuführung und einer Einrichtung (z. B. nach Art eines Desintegrators) versehen, um das Wasser nach dem Eintritt zu zerstäuben, so daß das zerstäubte Wasser einen Schleier bildet, durch welchen das angesaugte Gas ziehen muß. Die Abscheidung der vereinigten Staub- und Wasserteilchen geschieht durch die Zentrifugalkraft, durch welche diese Teilchen an den inneren Umfang des Ventilatorgehäuses geworfen werden. Das Gehäuse des Ventilators mündet in seinem unteren Teile in horizontaler Richtung in einen Kasten, aus welchem der abgeschiedene Schlamm unten abfließt, während das gereinigte Gas nach oben entweichen kann. Der Reinigungsvorgang in den Ventilatoren ist also ein ganz ähnlicher wie im Theisen-Apparat, nur ist bei den ersteren nicht im gleichen Maße ein langer Gas- und Wasserweg zur gegenseitigen Einwirkung vorhanden. Die gebräuchlichen Größen der Gasreinigungsventilatoren leisten nach Angabe von *Dinnendahl* in Abstufungen 15 000 bis 70 000 cbm Gas in der Stunde, bei einem Kraftverbrauch von 40 bis 110 PS.

Nach einer Umfrage von *Reinhardt*[1] hatten die Hüttenwerke zur Feinreinigung Zentrifugalapparate, und zwar ungefähr die Hälfte derselben Skrubber oder Bian-Kühler (S. 216) mit Ventilatoren, die übrigen Skrubber mit Theisen-Apparaten, Theisen-Apparate allein oder Ventilatoren allein. Der Arbeitsaufwand für die Reinigung von 1000 cbm Gas in der Stunde bewegt sich meist in den Grenzen zwischen 6 und 13 eff. PS. Dementsprechend ist auch der Arbeitsaufwand für die Reinigung 1,8 bis 4% der Leistung, welche durch die gereinigten Gase erzielt wird. Der Wasserverbrauch für die Reinigung beträgt im Mittel 3 bis 8 l für 1 cbm Gas und ist natürlich sehr von der Temperatur des Wassers abhängig. Im allgemeinen ist der Wasserverbrauch bei Verwendung von Zentrifugalapparaten allein geringer als bei Kombination derselben mit Skrubbern. — Ebenso verschieden ergaben sich auch die Kosten der Reinigung, und zwar einschließlich Verzinsung und Amortisation der Reinigungsanlage zu 0,03 bis 0,06 Pf. für 1 cbm. Der Staubgehalt des Gases nach den Trockenreinigern ist im Mittel 4 bis 6 g für 1 cbm, in einigen Fällen aber nur 1 bis 1,5 g. In den meisten Fällen wird das Gas für den Betrieb der Motoren bis auf einen Staubgehalt von 0,015 bis 0,03 g für 1 cbm, auf einigen Werken sogar bis auf 0,005 bis 0,004 g für 1 cbm gereinigt.

Bei der Anlage Fig. 182 tritt das Gas aus dem Hochofen mit 4 bis 8 g Staub und 70 bis 90° durch zwei 1500 mm weite Röhren bei A in einen Trockenreiniger oder Staubsack, durchstreicht drei Naßreiniger oder Kühler mit Holzeinlagen (1,0 g und 40°), tritt bei B aus, durchströmt die Ventilatoren,

[1] Stahl u. Eisen 1906, 913.

um fertig ausgeschleudert den Gasmotoren, Kesseln und Cowpern zugeführt zu werden. Der Doppelapparat baut sich nach *Meyjes*[1] als vierkantiger Kasten teurer als ein runder Apparat. Die Anlage reinigt die Gase eines Ofens von 120 bis 150 t Tagesproduktion, ist also für 32 000 cbm in der Stunde berechnet. Die 1000 cbm zu reinigendes Gas verlangen etwa 4400 Mark Anlagekapital. Die Betriebskosten konnten auf 7,6 Pf. für 1000 cbm festgestellt werden. — Bei der Anlage Fig. 183 durchzieht das Gas mit 8 bis 12 g Staub, von einer offenen Gicht kommend, erst zwei Staubsäcke, tritt mit 140° bei *A* in einen *Bian*schen Kühler (vgl. S. 216), wird in diesem je nach der Wassertemperatur auf 30 bis 40° gekühlt und auf 2,5 g Staub gereinigt, durchströmt einen Ventilator *B*, tritt bei *C* aus, geht durch einen Wasserausscheider und wird getrennt, d. h. ein

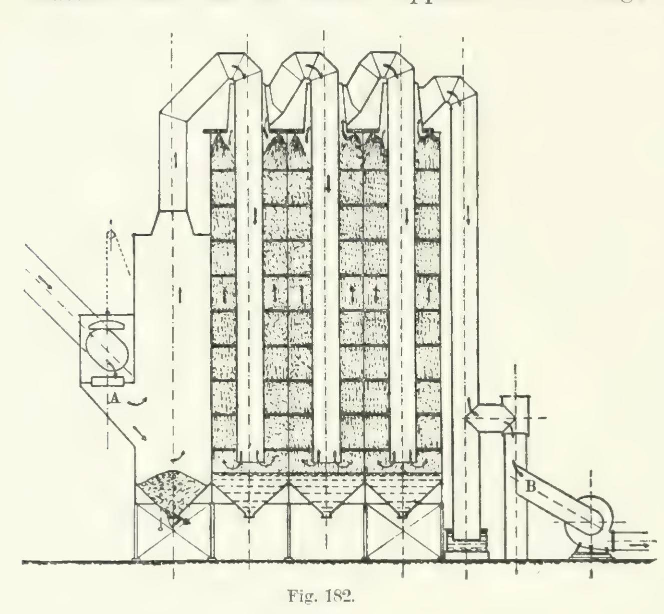


Fig. 182.

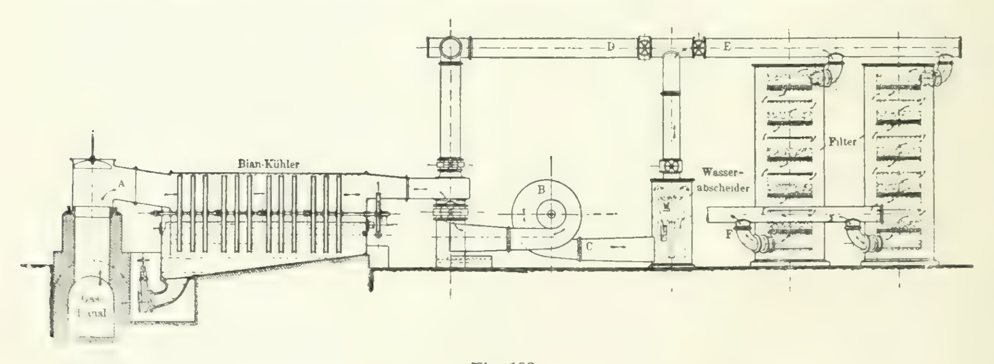


Fig. 183.

Teil geht auf 0,5 g gereinigt durch *D* nach den Cowpern, ein anderer Teil strömt durch *E* in die mit Schlackenwolle ausgefüllten Filter, wird getrocknet und auf 0,02 bis 0,01 g gereinigt, sodann durch *F* den Gasmaschinen zugeführt. Die Anlage ist bestimmt für die Reinigung von 20 000 cbm in der Stunde, und zwar 18 000 cbm für Cowper und Kessel und 2000 cbm für Kraft, und

[1] Stahl u. Eisen 1906, 29.

kostet ohne Trockenreiniger etwa 50000 Mk., mit Trockenreiniger etwa 88500 Mk., während die Anlage für Kraftgas etwa 17500 Mk. erfordern würde. Die Anlage hat sich nach *Meyjes* bewährt. Der Wasserverbrauch beträgt 3 l auf 1 cbm gereinigtes Gas, und der Kraftverbrauch ist 70 bis 60 PS bzw. 20 PS. Die Anlagekosten für 1000 cbm betragen 4425 Mk. für Heizgas bzw. 8750 Mk. für Kraftgas. Die Betriebskosten sind 3,5 bis 3,9 Pf. bzw. 11 Pf. für 1000 cbm.

Eine weitere Reinigungsanlage zeigt nach *Meyjes* Fig. 184. Das Gas, welches mit 1 bis 1,5 g Staub und 40° vom Staubsack des Hochofens kommt, geht von da durch einen Theisen-Wascher, strömt bei *A* mit 0,03 g Staub und 29° aus, um durch ein Filter *B* getrocknet in die Gasmaschine mit 0,02 g Staub und 25° zu gelangen. Es sind zwei Theisen-Wascher aufgestellt, jeder reinigt 24000 cbm, zwei Stück zusammen 48000 cbm maximal

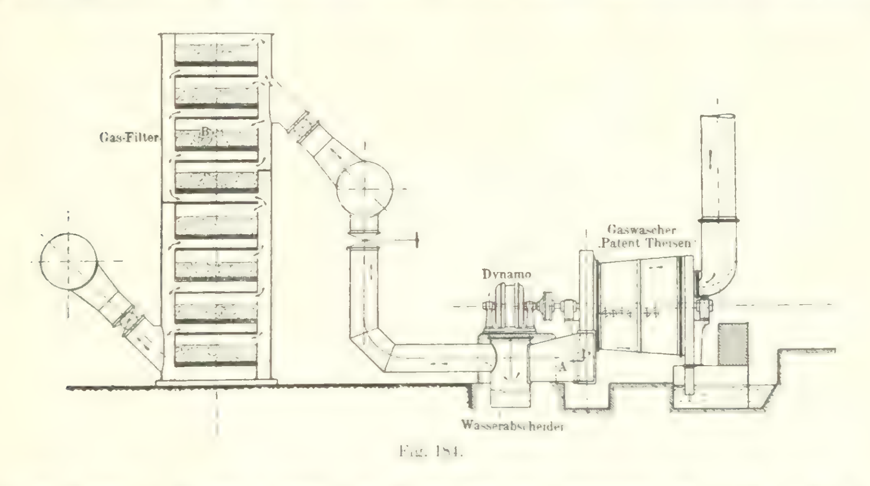


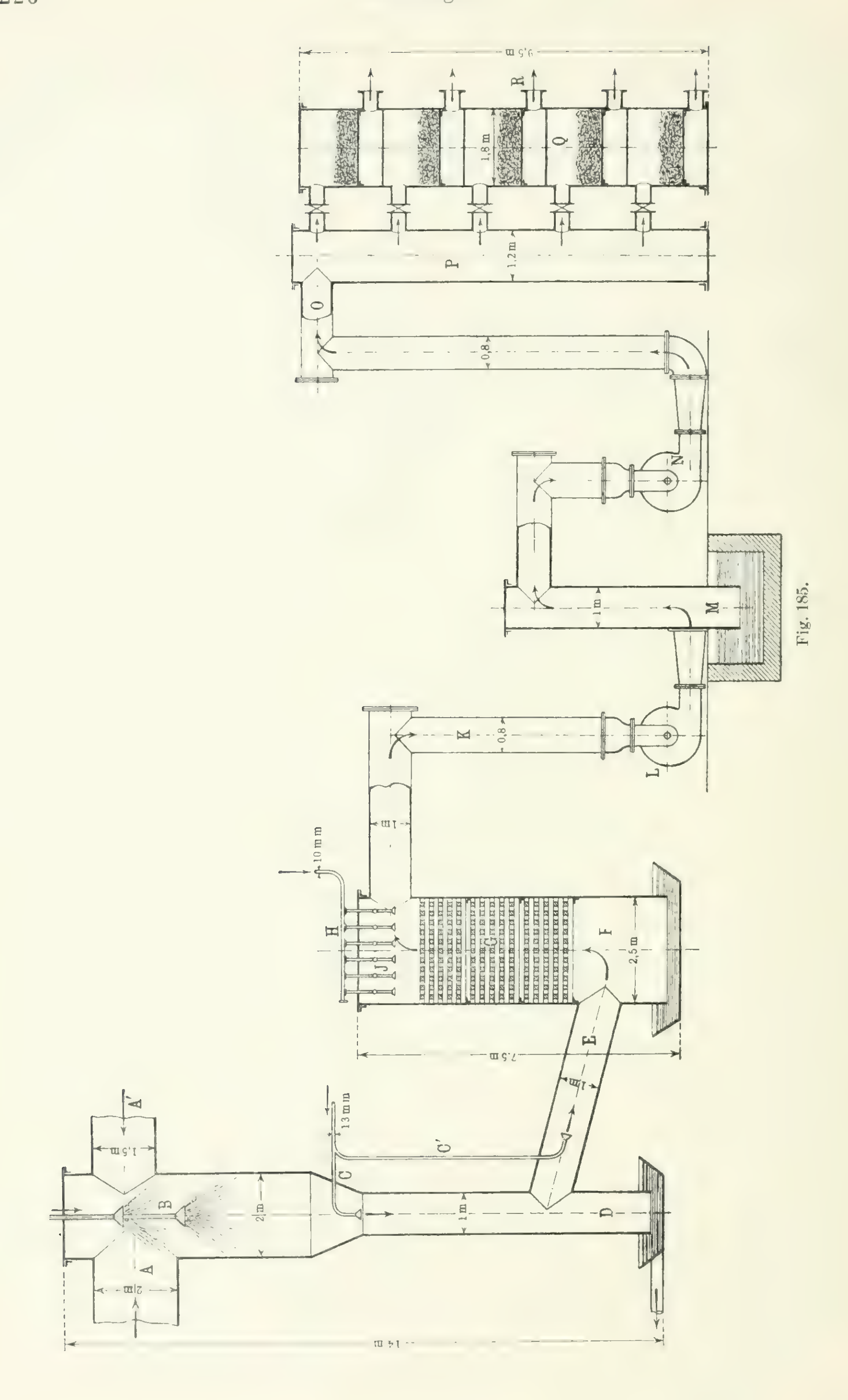
Fig. 184.

in der Stunde. Zurzeit speist ein Wascher vier Gasmaschinen mit 4800 PS. Er verbraucht dabei 15 cbm Wasser in der Stunde und bedarf etwa 100 PS. Er ist also ein ausgezeichneter Reiniger. Die Anlage ist seit Beginn 1905 ununterbrochen im Betrieb und arbeitet sehr befriedigend. Die Kosten der Anlage betragen etwa 140000 Mk., oder für 1000 cbm 3500 Mk. und 5,5 Pf. für die Betriebsstunde.

Fig. 185 zeigt die Reinigungsanlage auf Hütte Friede bei Kneuttingen (Wedding a. d. O.).

Bei einer Anlage zur Reinigung von stündlich 60000 cbm Hochofengas von der Maschinenfabrik *Zschocke* in Kaiserslautern[1] durchströmt das Gas, nachdem es die Trockenreiniger, sog. Staubsäcke, verlassen hat, zunächst zwei Vorwascher, in denen seine Temperatur durch Wasserberieselung auf etwa 20 bis 25° heruntergebracht und der Wasserdampf bis auf rund 20 g/cbm ausgeschieden wird. Der angefeuchtete Staub fällt in den hinter den Vor-

[1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, 921; 1906, 1254.



A
A'
B
C
C'
D
E
F
G
H
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
14 m
2 m
1,5 m
1 m
13 mm
7,5 m
2,5 m
10 mm
0,8
1,2 m
1,8 m
9,5 m

Fig. 185.

waschern eingeschalteten Waschern bis auf rund 2 g/cbm leicht aus (Fig. 186). Für den Betrieb der Cowper-Apparate und Dampfkessel muß das Gas bis auf 0,3 bis 0,5 g/cbm Staub gereinigt werden, was durch ein System I von Ventilatoren mit Wassereinspritzung für diese Zwecke vollständig ausreichend geschieht; der zum Betrieb der Gasmaschine dienende Teil des Gases wird durch ein zweites Ventilatorsystem II mit Wasserspülung auf 0,02 bis 0,03 g/cbm entstaubt. Die Kosten der Reinigung stellen sich auf etwa 7,5 Pf. für 1000 cbm Gas.

Nach *Grosse*[1] werden jetzt nach dem Verfahren von *Zschocke* 2 100 000 cbm Hochofengas gereinigt, nach *Theisen* 1 603 000 cbm, nach *Bian* 660 000 cbm, nach *Schwarz* 250 000 cbm und nach anderen Systemen noch etwa 230 000 cbm.

Bei einer Anlage von *Zschocke* für stündlich 140 000 cbm, wovon 35 000 cbm für Motorzwecke, tritt das Gas, nachdem es durch Trocken-

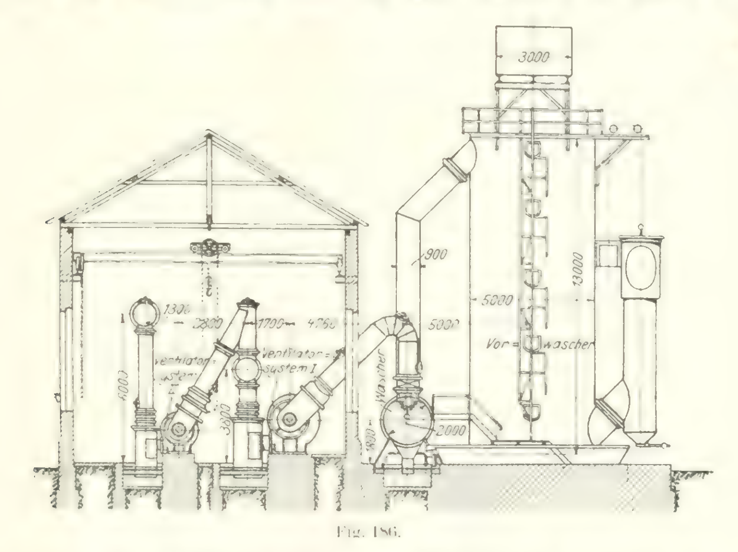


Fig. 186.

reiniger und Kühler geführt ist, nach *Grosse* in die Reiniger (vgl. Patent Nr. 189 329) ein, in welchen es mit eingespritztem Wasser geschleudert wird. Der Eintritt erfolgt durch die beiden seitlichen Saugstutzen, in welchen auch die rotierenden Wasserzerstäuber eingebaut sind. Das Gas wird durch den Wasserschleier, welchen die Wasserzerstäuber bilden, durchgesaugt. Dabei mischt sich das Wasser mit dem Gas innig, wird darauf von dem Flügelrad erfaßt und geschleudert, wobei die Pressung des Gases erhöht wird. Das Gas- und Wassergemisch tritt hierauf in den Wasserabscheider ein. In den verlängerten Eintrittsstutzen der Wasserabscheider sind Stoßflächen (Winkeleisen) eingebaut, welche das schmutzige Wasser von dem gereinigten Gase trennen. Daraufhin tritt das Gas tangential in den Wasserabscheider ein, wodurch ihm eine rotierende Bewegung erteilt wird. Die noch mitgerissenen Wasserteilchen werden dabei ausgeschieden. In dem oberen Teile des Wasser-

[1] Stahl u. Eisen 1910, 1404.

abscheiders sind noch Stoßhorden eingebaut, welche die feinsten Wasserteilchen zurückhalten, so daß das Gas den Wasserabscheider gut getrocknet und gereinigt verläßt. Das Wasser fließt aus dem Wasserabscheider durch ein Syphonrohr ab. Das so auf 0,1 bis 0,5 g Staub im cbm gereinigte Gas wird für Winderhitzer u. dgl. verwendet, das Gas für die Motoren wird in einem gleichen Ventilator auf 0,01 bis 0,03 Staub gereinigt. In den Vorreinigungsventilator wird für je 1 cbm Gas 1 bis 1,2 l Wasser eingespritzt, im Nachreinigerventilator etwa 2 l Wasser, je nach der Beschaffenheit des Staubes. Für je 1000 cbm Gas erfordert der Vorreiniger 2,5 bis 3,5 PS, der Nachreiniger 5 bis 6 PS.

Die Gasreinigungsanlage der Bethlen-Falvahütte in Schwientochlowitz besteht nach *F. Berger*[1] aus zwei Hordenwaschern, zwei Zentrifugalreinigern von *Schwarz* (S. 218), den Wasserabscheidern, den Trockenfilterapparaten und den erforderlichen Verbindungsgasleitungen mit Absperrventilen, sowie der zur Wasserbeschaffung benötigten Pumpenanlage. Das Gas, dessen Temperatur in der Nähe der Öfen, je nach dem Betriebe, zwischen 100 und 150° schwankt, gelangt nach einem langen Wege, auf dem es einen großen Teil des mitgerissenen Staubes absetzt, mit 40 bis 80° in einen der beiden Hordenwascher, ein Blechgehäuse von 4,5 m Durchmesser und 10 m Höhe; dasselbe ist mit Holzhorden nach *Schwarz* in drei getrennten Einbauten ausgelegt und dient dazu, das Gas genügend abzukühlen und vorzureinigen. Dieses geschieht dadurch, daß das von unten nach oben aufsteigende Gas oben und seitlich mit Wasser berieselt wird. Nachdem das Gas den Hordenwascher durchzogen hat, gelangt es aus dem oberen Teil desselben durch eine absteigende Leitung in den einen der in einem Gebäude untergebrachten Zentrifugalreiniger von *Schwarz*. Beide Reiniger sind für eine Leistung von je 10 000 cbm Gas in der Stunde gebaut und sollen das Gas von 2 g/cbm so weit reinigen, daß es nach weiterem Durchziehen der Trockenfilteranlage diese mit 0,01 bis 0,03 g/cbm Staub verläßt; hierbei soll der Kraftverbrauch des Reinigers 42 PS nicht übersteigen bei einem Druck des Gases von 200 mm Wassersäule nach Durchströmen des Reinigers. Das Gas darf eine höchste Temperatur von 30° besitzen, vorausgesetzt, daß die Temperatur des Kühlwassers mindestens 5° unter dieser Temperatur liegt.

Nach mehrmonatigem Betrieb der Anlage wurden die erforderlichen Garantieversuche vorgenommen, welche bei einer Lufttemperatur von 22° folgende Ergebnisse zeigten:

	Staubgehalt in g/cbm	Temperatur des Gases	Temperatur des Kühlwassers
vor dem Hordenwascher . . .	2,5 —3,8	45—80°	23°
hinter dem Hordenwascher . .	0,96 —1,16	28,5°	25°
vor dem Zentrifugalreiniger .	0,96 —1,16	28,5°	23°
hinter dem Zentrifugalreiniger	0,02 —0,03	25°	24°
hinter den Trockenfiltern . . .	0,009—0,02	21,5°	—

[1] Stahl u. Eisen 1910, 443.

Es betrug hierbei die Kühlwassermenge durchschnittlich für den Hordenwascher 3,85 l/cbm durchströmtes Gas, für den Zentrifugalreiniger 1 l/cbm durchströmtes Gas. Die Anlage ist nur teilweise belastet. Die Leistung der Reiniger betrug etwa 5000 cbm in der Stunde, es genügte ein Druck des Gases vor den Maschinen von 180 mm Wassersäule. Die Leistung des Antriebmotors ergab sich zu 20 PS, und wird bei einer tatsächlichen Beanspruchung von 10 000 cbm Gas in der Stunde der gewährleistete Kraftverbrauch von 42 PS weit unterschritten[1].

Gefährlichkeit der Abwässer und des Staubes bei der Reinigung der Hochofengase. *Nottebohm*[2] berichtet über eine tödliche Gasvergiftung zweier Arbeiter im Gebäude der Gaswaschapparate für Hochofenbetriebsgas. Die beiden fanden im Einsteigschachte zu den Abwässerkanälen ihren Tod. Die hierbei festgestellte Gasvergiftung beweist, daß die Abwässer noch so viel Gas führen, daß ihre Ausdünstungen tödlich wirken können. In einem anderen Falle fiel ein Arbeiter, der in das Gasverteilungsrohr 3 Stunden nach dessen Außerbetriebsetzung einstieg, einer Gasvergiftung durch das Aufrühren der in der Leitung angesammelten Staubablagerungen zum Opfer; ein Beweis, daß diese Ablagerungen tödlich wirkende Gasmengen lange Zeit hindurch einschließen können.

[1] Vielleicht ist es möglich, durch Schleuderapparate auch einen Teil der Kohlensäure abzusondern?

[2] Sozialtechnik 1907, 80.

Schluß.

Mechanische Menschenarbeit ist hundert- bis zweihundertmal so teuer als Maschinenarbeit (S. 3). Je teurer und je unzuverlässiger (Arbeitseinstellungen u. dgl.) aber die Menschenarbeit wird, um so mehr muß die Industrie bestrebt sein, diese Arbeit soviel als möglich durch Maschinenarbeit zu ersetzen[1].

Die Wasserkräfte der Hauptländer Europas wurden geschätzt:

	Gesamt-PS	PS qkm	PS 100 Einw.
Großbritannien	963 000	3,06	23,1
Deutschland	1 425 000	2,6	24,5
Schweiz	1 500 000	36,6	454,5
Italien	5 500 000	10 0	169,0
Frankreich	5 857 000	10,9	150,0
Österreich-Ungarn	6 460 000	9,6	138,0
Schweden	6 750 000	15,0	1290,0
Norwegen	7 500 000	20,0	3409,0

Die Wasserkräfte der Vereinigten Staaten werden auf 200 Millionen PS geschätzt; soweit sie berechnet sind, betragen sie 53 Millionen, von denen bisher nur 5 Millionen ausgenutzt sind.

In Deutschland kann also nur sehr wenig Wasserkraft gewonnen werden; um so notwendiger sind Dampfmaschinen und besonders Gaskraftmaschinen, welche die billigste Arbeit liefern. Betragen doch die stündlichen Brennstoffkosten bei Braunkohlen nur noch 0,53 Pfg. für 1 PS (S. 179).

Sehr wichtig für den Generatorbetrieb ist die Kontrolle desselben (S. 4). Besonders sollte oft der Kohlensäuregehalt des Gases bestimmt werden (S. 11). Enthält Mischgas aus Anthrazit oder Steinkohle mehr als 6 bis 8% Kohlensäure, so ist zu prüfen, ob die Brennstoffschicht zu niedrig ist oder ob zu viel Wasserdampf (vgl. S. 87) zugeführt wird. Auch für Braunkohle, Torf und Holz läßt sich der Kohlensäuregehalt sehr wohl auf 6 bis 8% erniedrigen. Empfehlenswert ist auch die Brennwertbestimmung des Gases (S. 13). Die Erfahrungen verschiedener Experimentatoren mit dem patentierten *Junker*schen Calorimeter (S. 15) mahnen zur Vorsicht.

[1] Dadurch bewirkte „Arbeitslosigkeit" für deutsche Arbeiter kann erst dann in Frage kommen, wenn es nicht mehr erforderlich ist, fast 1 Million fremde Arbeiter (Polen, Italiener, Galizier usw.) heranzuziehen.

Für Berechnung der Gasausbeuten, Umsetzungen u. dgl. erleichtert man die Übersicht bedeutend, wenn man die Mengen nach Volum in Rechnung setzt (S. 18).

Bei der Besprechung der Rohstoffe (S. 22) ist die Kohlenlagerung (S. 29) besonders zu beachten.

Die Untersuchungen über die Entgasung der Brennstoffe (S. 36) zeigt u. a., daß bei der Entgasung Wärme frei wird (S. 38 und 49), daß daher die Entgasungsprodukte einen geringeren Brennwert haben, als die betr. Brennstoffe.

Bei Besprechung der Vergasung ist viel Unfug getrieben mit dem sog. „Gleichgewicht" (S. 57), ohne zu bedenken, daß im praktischen Generatorbetrieb der Gleichgewichtszustand überhaupt nicht in Frage kommt (S. 61). Auch die Dissoziation von Kohlensäure und Wasserdampf spielt dabei keine nennenswerte Rolle (S. 66); auf die übrigen Reaktionen (S. 68) sei verwiesen.

Verschiedene von den Generatoren sind offenbar am Schreib- bez. Zeichentisch entstanden, ohne Rücksicht auf die Praxis, welche am besten mit möglichst einfachen Gaserzeugern arbeitet. Sie mußten aber angeführt werden, weil sie immerhin zum Vergleichen anregen.

Das Verbrennen der Teerdämpfe bei der Herstellung von Kraftgas aus bituminösen Kohlen, indem sie mit Luft gemischt ins Feuer getrieben werden (S. 136), ist weniger gut, als das Zersetzen derselben durch Hitze (vgl. S. 72 und 153). Besonders für größere Anlagen ist es aber besser, das Gas von den Teerdämpfen zu reinigen, um die Kohlenwasserstoffe zu erhalten (vgl. S. 132).

Folgende Zusammenstellung verschiedener Analysen zeigt den Brennwert (vgl. S. 19) von 1 cbm Gas von 0°, die Menge der zur vollständigen Verbrennung erforderlichen Luft (vgl. S. 16 und 19) und den Brennwert des Gas-Luftgemisches (Wasserdampf als Verbrennungsprodukt):

	Leuchtgas	Kokereigas	Wassergas	Mischgas aus					Hochofengas
				Anthrazit	Steinkohle	Braunkohle	Torf	Holz	
Schwere Kohlenwasserstoffe	4	2	0	0	—	—	—	—	—
Methan	36	25	—	1	4	2	2	2	—
Wasserstoff	48	50	49	18	20	20	16	14	2
Kohlenoxyd	8	6	44	28	20	18	16	18	28
Kohlensäure	2	5	4	6	6	10	12	15	10
Stickstoff	2	12	3	47	50	50	54	51	60
Brennwert von 1 cbm w	5340	4000	2630	1410	1490	1250	1084	1094	912
1 cbm Gas erfordert Luft cbm	6,0	4,4	2,3	1,3	1,4	1,2	1,0	1,0	0,8
Gesamtvolum cbm	7,0	5,4	3,3	2,3	2,4	2,2	2,0	2,0	1,8
Brennwert von 1 cbm w	760	740	800	610	640	540	540	550	510

Der Brennwert des Gas-Luftgemisches ist also gar nicht so arg verschieden.

Für die Frage der Vorzündung (S. 16) ist beachtenswert, daß das Gemisch von Hochofengas nur 1% Wasserstoff enthält, also stark gepreßt werden kann. Sehr bedenklich ist das Wassergasgemisch mit 15% Wasserstoff. Die übrigen Gasgemische enthalten 7 bis 9% Wasserstoff, welche durch überschüssige Luft erniedrigt werden. 5% Wasserstoff als Grenzwert (S. 16) ist aber etwas zu niedrig. (Vgl. S. 208.)

Sachregister.

Verzeichnis der D. R. P.





